تكنولوچيا
مواد البناء الطبيعية

دكتور
أحمد إبراهيم عطية



الدار العالمية
للنشر والتوزيع

تكنولوجيا

مواد البناء الطبيعية

تكنولوجيا
مواد البناء الطبيعية

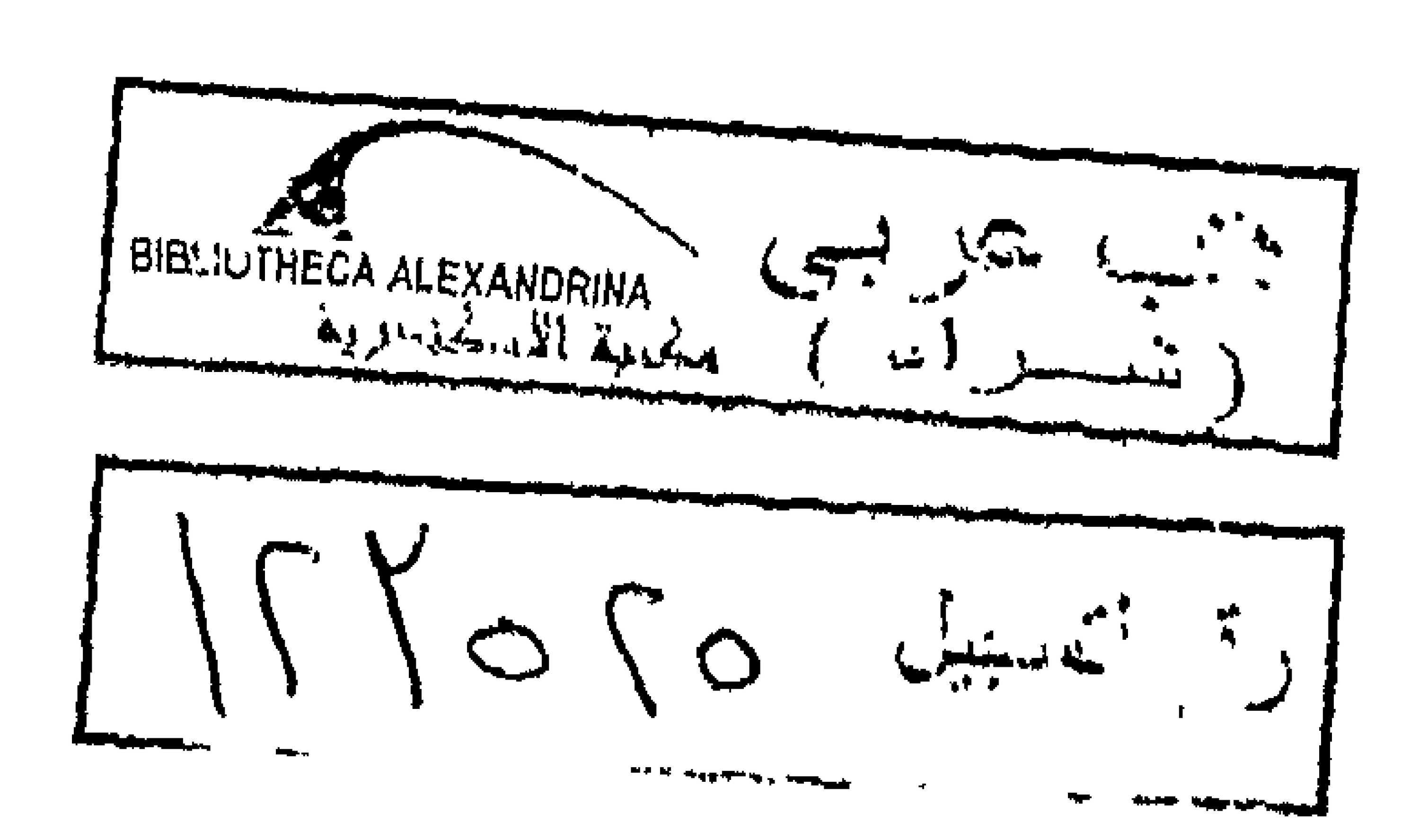
دكتـــور

أحمد إبراهيم عطيــــة

القاهــرة

٢٠٠٨ م

الدار العالمية للنشر والتوزيع



الطبعة الأولى
٢٠٠٨م

رقم الإيداع

2007 / 26981
977-440-043-7

ISBN

عطية ، أحمد إبراهيم .

تكنولوجيا مواد البناء الطبيعية / أحمد إبراهيم عطية - ط١ - الجيزة ، الدار العالمية للنشر والتوزيع ، ٢٠٠٨

٣٦٠ص، ٢٤سم .

تدمك : ٧- ٣ ٤ ٠-٠ ٤ ٤ -٩٧٧

الدار العالمية للنشر والتوزيع
١١١ شارع الملك فيصل – الهرم
ت : ٣٧٤٤٦٤٣٨ –٣٧٤٤٦٣٢٤ ف : ٣٧٧١٩٨٩٩- ٢٠٢
ص. ب : ٢٦٢ الهرم – ج.م.ع E-MAIL : daralaalmiya@hotmail.com
dar_alalamiya@yahoo.com

"أصحاب الأفكار الجديدة دائماً ما يعزفون بمفردهم "

دكتور : أحمد عطية

إهـــداء إلى

الأستاذ الدكتور / **زاهي حواس**

الأمين العام للمجلس الأعلى للآثار

شكراً وعرفاناً

الفهـــرس

فهـرس الأشكـــال

المقدمــــة

يسعى الإنسان دائما لسبر أغوار الأرض لمعرفة كنوزها واستغلالها، من أجل رفاهيته، وسد احتياجاته من الغذاء والكساء والسكن .

ولاشك أن المصرى كان سباقا فى هذا المجال ، فقطع الحجارة وصنع الطوب ، وأنشأ المبانى ليسكن فيها اتقاء للبرد و الحر أو لحين طلوع شمس يوم جديد ، أو ليدفن فيها لحين البعث أو ليبتهل فيها إلى رب السماوات والأرض .

وفى هذا الكتاب نقدم لأبنائنا طلبة ترميم الآثار والهندسة دراسة عن مواد البناء التى استخدمت فى إنشاء المبانى الأثرية وما زالت تستخدم حتى الآن، بالرغم من أن بعض هذه المواد قل استخدامها، وبعضها لم يعد لها استخدام فى البناء الحديث، إلا أن المرمم تطبيقا لقواعد وأسس الترميم يلجأ إلى البحث عنها وتجهيز موادها للاستخدام فى أعمال الترميم .

من أجل ذلك تم تقسيم محتويات هذا الكتاب إلى ستة فصول لتفى بالغرض أو الهدف من إعداده .

الفصل الأول: وفيه قدمنا لمواد البناء بموجز تاريخى عن العمارة التى تركها لنا السابقون، وبينا كيف أن المصرى فى العصور القديمة استطاع أن ينشأ مبانى من المواد التى وجدها فى البيئة التى يعيش فيها، وكيف تطورت عمارته بتطور فكره ومهارته فى استغلال المواد الطبيعية وصولا إلى الهدف الذى من أجله نشأت العمارة .

الفصل الثانى : وفيه قدمنا دراسة عن التربة المصرية باعتبارها المصدر الرئيسى لمواد البناء الطبيعية، وبينا كيف كانت العوامل الطبيعية تحدد الأماكن التى عاش فيها الإنسان، والأماكن التى هجرها لظروف مناخية أو غير ذلك . وذكرنا أنواع التربات التى تأسست عليها المنشآت الأثرية ومشاكلها التى تؤدى فى العصر الحديث إلى تدهور المنشآت الأثرية .

الفصل الثالث : وفيه تناولنا بالدراسة أحجار البناء الطبيعية، وأنواعها، وكيفية استخراجها وتجهيزها للبناء، كما ذكرنا طرق اختبار هذه الأحجار فى العصر الحديث لاختيار الأحجار التى تتناسب مع أعمال الترميم التى تتم للمبانى الأثرية فى الوقت الحاضر مع الابتعاد عن الخوض فى المعادلات الرياضية .

الفصل الرابع : وفيه قدمنا دراسة عن الطوب الذى استخدم قديما فى البناء خاصة الطوب اللبن وطريقة صناعته وتجفيفه . بالإضافة إلى دراسة الطوب الأحمر وكيفية صناعته وطرق إحراقه قديما وحديثا، مع ذكر بعض أنواعه المنتجة حديثا، وأيضا طرق اختبار الطوب فى العصر الحديث التى يحتاجها المرمم والمهندس لتحديد نوعية الطوب الذى يمكن استخدامه فى أعمال الترميم .

الفصل الخامس : فى هذا الفصل شرحنا أهمية المون فى البناء ومكوناتها الأساسية، وذكرنا أنواع المون التى استخدمت قديما ونسب مكوناتها، مع شرح كيفية تحضير المون المختلفة لأعمال الترميم والبناء.

الفصل السادس : قدمنا فيه دراسة عن الأخشاب التى استخدمت فى الآثار وأسباب تلفها سواء تلك الناتجة عن العيوب الطبيعية أو نتيجة لسوء التخزين والتجفيف أو نتيجة لمهاجمة الحشرات والتعرض للرطوبة. أيضا ذكرنا تركيب الأخشاب وأنواعها وطرق اختبارها لتحديد جودتها وصلاحيتها فى أعمال البناء .

وأخيرا آمل أن أكون قد قدمت فى هذا المؤلف لأبنائى طلبة الترميم والهندسة والعاملين فى حقل ترميم الآثار وإنشاء المبانى غيضا من فيض مواد البناء يكون نبراسا لهم فى حياتهم العلمية والعملية ..... وعلى الله قصد السبيل ... والله المستعان .

دكتور أحمد إبراهيم عطية
مدرس ترميم المبانى الأثرية
قسم ترميم الآثار – كلية الآداب بسوهاج
جامعة سوهاج

الفصل الأول

مقدمة في تاريخ العمارة
ومواد البناء

لاشك أن استخدام المواد فى تشييد المبانى مساكن للبشر ومقابر لموتاهم ، ومعابد لصلواتهم، وحمامات لنظافتهم ، وحظائر تأوى إليها الحيوانات، كل ذلك ارتبط بالتطور الحضارى للإنسان المصرى الذى أقام دعائم الحضارة الإنسانية فى صورتها الكاملة منذ العصر الفرعونى.

فمنذ أن انتقل الإنسان المصرى القديم من مرحلة الرعى والصيد والتنقل من مكان إلى أخر بحثا عن حيوان يصيده أو يستأنسه ، وعرف حياة الاستقرار وسبل زراعة المحاصيل، وجد أن الحاجة ماسة إلى مأوى يقيه شرور التقلبات الطبيعية الجوية وشرور الحيوانات المفترسة.

فبدأ الإنسان المصرى القديم أولا يقيم الأكواخ من سيقان النباتات الجافة والصلبة التى غطاها بطبقات من الطين لسد المساحات الموجودة بين حزم هذه السيقان وكانت أسقفها من نفس السيقان كما كان يحفظها من التداعى بأوتاد مثبته فى الأرض .

وكان الكوخ بسيط البنيان إلا أنه كان خطوة هامة لاستقرار الإنسان المصرى فى وادى النيل وجعل حياته أكثر أمنا واستقرارا.

وبمرور الوقت أدرك الإنسان المصرى القديم بالتجربة أن سيقان النباتات لا تستطيع الصمود فى وجه التغيرات الجوية

المختلفة من رياح وأمطار فضلا عن أنها لا توفر الأمان التام عند هجوم الحيوانات المفترسة، لذلك سرعان ما استخدم البناء المصرى القديم جذوع النخيل فى إقامة دعائم كوخه ومنزلـــه البـــسيط كمـــا استخدم سعف هذا النخيل فى تغطية أسقف الأكواخ والمنازل، كمـــا أن تفكيره قد هداه إلى استخدام ألواح الخشب فى إقامـــة الأكـــواخ وذلك بدلا من سيقان النباتات حيث كان البناء المصرى القديم يقوم بثقب الألواح الخشبية ثقوبا مستطيلة وذلك لربط ألـــواح الخشب مع بعضها بواسطة الحبال التى صنعت من ألياف النباتـــــات .

أيضا أنشأ المصرى القديم أكواخا من كتل الطين التى كـــان يرصها فوق بعضها إلى أن يكتمل الحائط ويتكرر ذلك فـــى بـــاقى الحوائط إلى أن يكتمل البناء ، ويدل على ذلك مساكن مرمدة بنـــى سلامة على بعد ٥٤ كم شمال غرب القاهرة ، وأحيانا كان لا يضع كتل الطين فوق بعضها مباشرة بل كان يضع بين كل صفين مـــن كتل الطين رباطا من البوص .

وتعتبر الأمثلة السابقة البدايات الأولى لمراحل تطور المنزل المصرى القديم، وقد بلغ هذا التطور مرتبة لا بس بها مع اكتشاف طريقة صناعة الطوب اللبن واستخدمه فى تشييد المنازل والمقـــابر المختلفة، حيث صنع هذا الطوب من طمى النيل المخلوط بـــالمواد

العضوية وغير العضوية مثل " القش الناعم أو المخلوط بالرمال الناعمة" للعمل على زيادة تماسك حبيبات الطين وإنتاج طوب يصلح مادة للبناء ويكون أكثر متانة ومقاومة لعوامل التجوية المختلفة كما يشاهد ذلك فى مدن الأهرام ، إذ نجد أن القالب فيها يبلغ طوله أحيانا ٤٥ سم × ٢٥ سم ولا يزال باقيا على حالته حتى اليوم .

ولقد احتفظت بعض المقابر المصرية بمناظر مصوره لعمليات صناعة الطوب ومراحل تشييد المبانى بتفاصيلها المختلفة يظهر ذلك فى منظر صناعة الطوب الموجودة بـ قبرة الوزير رخميرع من الأسرة ١٨، ويشاهد فى هذا المنظر رجال ينقلون الطين وآخرين يضربون الطوب ومكان لتخمير الطينة المستخدمة فى عمل الطوب، وفى هذا دليل على استمرار صناعة الطوب اللبن واستخدامه فى البناء منذ عصر ما قبل الأسرات وما تلاه من عصور تاريخية فى مصر حتى عصر الدولة الحديثة.

وتدل الآثار المكتشفة على أن منزل المصر القديم تطور تطورا هائلا فبعد أن كان كوخا من البوص أو جذوع النخيل أو الخشب أو سيقان النباتات، وكانت تذروه الرياح وتجرفه السيول والأمطار أصبح مسكنا مبنيا بالطوب اللبن يضم حوش بصفة

أساسية تفتح عليه الغرف وبه سلم يـــؤدى إلى الدور العلوى فى حالة المنازل ذات الطوابق ، انظر شكل رقم (١).

وهذا التصميم بالرغم من بساطته إلا أنه يعد أساس تـصميم منازل المصرى القديم وربما الحديث أيضا مع تغيـر فـى عـدد الغرف ومساحاتها ووظائفها .

كما أن مساكن الأغنياء فى مصر القديمة كانت مساكن ذات مساحات كبيرة ، وذات ردهات عظيمة مزخرفة وبها غرف نـوم كثيرة ودورات مياه وحمامات ، وكان يحيط بها الحدائق الفـسيحة التى تحتوى على أنواع مختلفة من النباتات ، كما كان بها أحواض للمياه وممرات مغطاة بتكاعيب .

كما أن المنزل نفسه قد يقسم إلى عدة أقسام : قسم لصاحب المنزل وعائلته مع ما يتبعه من حمامات ومرافق صحية أخـرى ، وقسم للاستقبال والمطبخ والمخازن ، وقسم لحظيرة البهائم ، كمـا أن حوش المنزل المكشوف قد يكون بداخله حدائق غناء فى وسطها بحيرة قد تتسع لتصل مساحتها إلى ٧٨٠٠م٢ بها أسماك وطيـور ومراكب تسير ، ويبرز فيها لسان كمرسى لهذه المراكب ، ويظهر ذلك فى مسقط قصر "مروآتون " فى مدينة العمارنه بمحافظ المنيا شكل رقم (٢) .

والملاحظ على حد علمى أنه لم تبق من منازل المصريين القدماء التى شيدوها من الطوب اللبن منزلا كاملا من طابق واحد أو طابقين وإنما أطلال مساكن أو أساسات تم الكشف عنها ، وربما يرجع ذلك إلى ضعف مادة البناء وعدم قدرتها على مقاومة العوامل الطبيعية المدمرة خاصة العواصف والأمطار ، بالإضافة إلى أن المصرى القديم اهتم أساسا بالعمارة الدينية التى شيدها بالحجر أكثر من اهتمامه بالعمارة المدنية التى شيدها بالطوب اللبن ، وقد يرجع ذلك لمعتقداته الدينية فى البعث والخلود .

والجدير بالذكر أن الإنسان المصرى القديم انتقل بحضارته إلى مستويات أعلى فى سلم العمارة والتشييد ، وذلك منذ أن عرف طريقه على محاجر الحجر الجيرى يقطع منها كتل الأحجار التى استخدمها فى أقامة المعابد والمقابر ، وذلك منذ عصر الدولة القديمة ، ألا أنه لم يستغن عن صناعة الطوب اللبن واستخدامه فى المنازل إلى جانب صناعة الحجر واستخدامه فى المعابد .

وفى هذا المجال تجدر الإشارة إلى أن الطوب اللبن مازال مستخدما فى بناء المنازل فى كثير من قرى مصر فى العصر الحاضر " أى فى القرن الواحد والعشرين" .

ويعتبر هرم زوسر المدرج من الأسرة الثالثة فى سقارة أول بناء شيد من الحجر فى التاريخ المصرى وأول عمل معمارى منظم وأول تصميم هندسى أبدعته قريحة الإنسان ، ويتكون هذا الهرم من ستة مصاطب مختلفة المساحة حيث نقل مساحة المصاطب كلما ارتفع البنيان إلى أعلى . كما استخدم فى تشييد هذا الهرم البديع كتل من الحجر الجيرى جلبها الإنسان المصرى من محاجر سقارة وهضبة الأهرام ومحاجر طره والمعصرة .

ولما كانت خامة البناء عند المصريين القدماء هى الحجر والطوب اللبن، وهى الخامات التى منحتهم إياها الطبيعة ، فكان من المنطقى أن تكون لديهم أدوات وأساليب البناء الخاصة بهم . فأنشأوا بذلك أمثلة معمارية خالدة جمعت بين الفن والتكنولوجيا ، و وفرت متطلبات المجتمع الروحية والمادية فى ذلك الحين .

ولقد اهتم المعمارى المصرى القديم بمعالجة كل المؤثرات البيئية الناتجة عن عوامل المناخ والبيئة المحيطة . فنجده يبتعد عن الفتحات ذات المسطحات الكبيرة فى الحوائط الخارجية ، كما عمد إلى إيجاد فتحات حديثة أو فناء داخلى ، تفتح عليه نوافذ الحجرات ، ليوفر لها جوا رطبا، بالإضافة إلى الخصوصية المطلوبة لأجزاء

المسكن، كذلك ابتكر المصرى القديم فكرة الإضاءة والتهوية من خلال فرق مناسيب الأسقف .

لذلك يمكن القول بأن المعمارى فى ذلك الوقت كان يبتكر ويبدع الحلول المناسبة بحسب ما تقتضى الحاجة.

فمثلا: فى أهرامات الجيزة – كبرى معجزات الزمان – نرى مدى تحكم المعمارى فى دقة تنفيذ العمل . فهرم خوفو مثلا تطلب من الصخو ر ما يقرب من مليونين وثلاثمائة ألف قطعة من الحجر الجيرى، متوسط ثقل الواحدة منها طنين ونصف.

وقد روى " هيرودوت " عن معاصريه أن بناء هرم خوفو تطلب مائه ألف عامل ولمدة عشرين سنة، ولقد أثبت الأستاذ " بترى " أن هذا التقدير غير مبالغ فيه . وكانت صخور هذا الهرم تقطع من محاجر المقطم جنوبى القاهرة وتنقل فى وقت الفيضان إلى سفح هضبة الهرم.

هذا ، ويبلغ ارتفاع الهرم ٤٨٠قدم ، قاعدته مربعة ، طول الضلع ٧٥٠ قدم ، إلا أن كل وجه من أوجه الهرم الأربعة عبارة عن مستويين متقابلين ،وليس مستوى واحد ، وذلك لعلاج خداع البصر الذى يمكن أن يحدث برؤية السطح منحنيا فى الوسط إلى الخارج بسبب كبر مساحته . هذا على أن أسطح الأهرامات موجهة

نحو الجهات الأصلية الأربعة (الشمال الجغرافى) بدقـــة عاليـــة .
و داخل الهرم عدة ممرات ودهاليز للوصول إلى غرفة الدفن . وفى تصميم وتوجيه هذه الغرفة حقق المعمارى درجة بالغة من الدقة فى العلوم الفلكية. وبالغرفة فتحتان للتهوية تخترقان جسم الهرم شـــمالا وجنوبا : أحداهما موجهة تجاه النجم الشمالى حيث كانـــت تـــذهب الروح بعد الموت ، ثم تأتى وقت البعث عن طريق هـــذه لا فتحـــة، لتحل فى مومياء الملك ثانية لتبعثها إلى الحياة الأخـــرى حـــسب العقيدة الدينية. والغرفة يتخللها الهواء الطبيعى المتجدد برغم هـــذا الكم الهائل من الأحجار حولها.

كذلك ابتكر المعمـــارى طريقـــة لإغـــلاق غرفـــة الـــدفن بالأهرامات بواسطة قطعة من الجرانيت الضخمة الثقيلة المعدة أثناء البناء وجعلها ترتكز عند جوانبها على كتل خشبية . وبعد إدخـــال المتوفى تحرق هذه الكتل الخشبية، فما تلبث هذه الأغطية الجرانيتية أن تنزلق إلى أسفل تحت تأثير كتلتها وعامل الجاذبية الأرضـــية ، وذلك لضمان عدم وصول أيدى العابثين إلى المتوفى.

بالإضافة إلى ذلك ، فلقد كان لمعتقداته الدينيـــة والعقائديـــة متطلبات خاصة فيما يشيده من معابد ومقابر. فنرى مثلا فى معبـــد أبو سمبل أن المعمارى قد استطاع – بما لديه مـــن وســـائل – أن

ينحت هذا المعبد فى الجبل، مبدعا بداخله مجموعة مـــن الأعمـــال النحتية ، بحسب ما تقتضيه معتقداته الدينية، التى أملـــت عليـــه أن يوجه فتحة المدخل بحيث تدخل أشعة الشمس فتصل حتـــى قـــدس الأقداس فى يوم معين من أيام السنة ، فتستقر فى شـــروقها علـــى قرص الشمس فوق رأس تمثال الإله " حوراختى ". ولقد تم كل هذا بوسائل تكنولوجية كانت وليدة هذه المتطلبات فـــى ذلـــك العـــصر القديم.

إن أعمالا عملاقة ، كبناء المعابد والأهرامات ، إنما يوضح لنا عبقرية المعمارى فى ابتكار الأدوات والوسائل التكنولوجية التى استعملت فى البناء والرفع والتوجيه الفلكى والقياس وضبط الزوايا فى عصره .

ولقد حقق بها المعمارى الحلول السليمة المناسبة لظـــروف البيئة المصرية، والملبية لمتطلبات العقيدة الدينية . ومن ثـــم نـــال المعمارى تقدير أفراد مجتمعة . فكان المصريون يعظمون البارعين من مهندسيهم ويحجون إلى قبورهم بعد الموت. ونخـــص بالـــذكر" إمحوتب " وهو من مشاهير المعماريين المعاصرين للملك " زوسر" ثانى ملوك الأسرة الثالثة ، فقد أصبح فى مصاف الإله عندهم.

وكذلك " أمنوفس بن حابو "المهندس المعماري البارع في عهد " أمنحتب الثالث " الذي اعتبره القوم فيما بعد نصف اله ،وصار يعبد في معابد عدة في طيبة الغربية .

هكذا أمكن للإنسان – من خلال مواد محلية وأساليب إنشائية تطورت شيئا فشيئا – أن يحصل بها على أحسن نتائج ممكنة .

مثال ذلك ما نجده أيضا في العمارة الإغريقية. فلقد كان لغنى البيئة بمادة الرخام الجيد ، بالإضافة إلى محاولات الإنسان في تطوير وسائله التكنولوجية لاستعمال هذه الخامة أثر عظيم في بلوغ تلك العمارة مرتبة عالية من الكمال فإن اختيار مادة الرخام بالإضافة إلى دقة التصنيع والتشكيل، قد أعطى الفرصة لتنفيذ أدق التفاصيل .

كذلك الأحجار الطبيعية المختلفة التي تمتاز بإمكانيات خاصة في التشغيل ، مثل البازلت والجرانيت التي تساعد المبنى على مقاومة عوامل التعرية والمناخ. كما تعطي صفة الخشونة فيها تعبير القوة والصلابة.

أما الحجر الجيري اللين ، فهو أقل صلابة ، حيث أن استعماله في واجهات البناء يسبب تآكل حواف القاصيل الدقيقة المصنوعة من هذا الحجر اللين وتستدير أحرفها مع الزمن .

أما المادة الطينية فتحتاج إلى عملية تجهيز مسبقة قبل استعمالها، وذلك بصبها في قوالب لصنع الطوب اللبن ويتم البناء بها ، كما يظهر ذلك في بيوت الفلاحين في القرى المصرية ، أو تحرق هذه القوالب وبعدها تستخدم في البناء ، كما ظهر ذلك في المباني التي ترجع إلى العصر الروماني والعصور العربية والعصر الحديث في مصر .

أما الخشب فهو مادة بناء رئيسية في المناطق القريبة من الغابات موطن الأخشاب ، حيث يستعمل في إقامة الحوائط بأكملها ، أو يستعمل في تأسيس الركائز والدعامات الهيكلية ، ثم تتداخل مادة بناء أخرى لمليء المسافات مابين الدعائم الخشبية.

كذلك الحديد الصلب فهو مادة بناء ذات إمكانيات أوسع من الحجر والخشب، وقد ساهم قابليته الهائلة للتشغيل وقوة تحمله بالنسبة لقوى الشد والانحناء في تطوير تكنولوجيا البناء تطويرا كبيرا في العصر الحديث، وخاصة في أساليب الإنشاءات المعدنية ، والتي كانت الولايات المتحدة الأمريكية من أوائل الدول سبقا إلى ابتكار الجديد في تكنولوجيا هذه المادة.

أما مراحل تطور تكنولوجيا صناعة البناء فقد اعتمدت أساسا على كل من العامل الاجتماعي والعامل الاقتصادي من حيث

وظروف العمل وفرة الأيدى العاملة ومتوسط الأجور، وكذا طـــرق وأساليب الإنتاج وإمكانية وتقدم البحث العلمى لتطويرها وتحسينها ، كذلك تحديد المركز الأدبى الذى يتميز به المهندس المعمارى فـــى مجتمعه ، بمعنى مكانة المهندس المعمارى وتقـــدير المجتمـــع لـــه ولمهنته ، فكما ذكرنا سابقا أن المعمارى فى المجتمـــع المـــصرى القديم كان رفيع المنزلة ، وبالتالى حظت العمارة المصرية القديمة بمستوى رفيع من الكفاءة .

هذا وبدراسة التطور التكنولوجى للتشييد نجد المعمارى يهتم أساسا بالتوصل إلى إمكانية تغطية الحيزات الداخلية ، مع التقليل ما أمكن من عدد وحجم نقاط الارتكاز الحاملة للسقف ، بحيث تتوازن المجموعة بين العناصر الحاملة والعناصر المحمولة ، فكلما تطلبت احتياجات المجتمع منشآت ذات بحور واسعة ، كلما نـــشط وتقـــدم التطور التكنولوجى للتشييد.

فإذا رجعنا إلى الحضارات القديمة الأولـــى نلاحـــظ أنهـــا ظهرت فى بلاد الشرق الأوسط والأقصى حيث أن اعتـــدال منـــاخ تلك المناطق،وكذا عدم وجود الفروق الكبيرة فى درجات الحرارة، قد أغنت عن تغطية حيزات التجمع الواســعة والأفنيــة الداخليــة

للمنازل : الأحواش والمعابد وحيزات التجمع فى المسارح الرومانية ، وأيضا أحواش المنازل ، وأصحن الجوامع الإسلامية .

ولكن عندما وصلت المدنية إلى المناطق الشمالية بأوربا نجد أن هذه المبانى ذات البحور الواسعة قد أصبحت مشكلة ، حيث تحتاج إلى التغطية الصلبة الباقية مع الزمن مما استلزم تدخل طرقا للتشييد أكثر تقدما.

ففى حين نجد قدماء المصريين قد استعملوا فى عمارتهم الأسلوب الحجرى للتشييد – الدعامة والعتب وبلاطة السقف الحجرية والتحميل المباشر للأجزاء المحمولة على الأجزاء الحاملة، نجد أن الإغريق قد استعملوا أسلوبا أقل كتلة وفى الوقت نفسه يسمح بالحصول على بحور أكبر نسبيا . أعنى تغطية حيزات داخلية أوسع دون نقاط ارتكاز بالوسط ، وبدلا من استعمال بلاطات الحجر الأفقية على الكمرات الحجرية ، فقد استبدلوها بتغطية من عناصر خشبية وضعت فوقها وحدات القرميد بطريقة حققت عزلا جيدا ،وبذلك استطاع الإغريق أن يقللوا أحمال السقف، وبالتالى تقليل قطاعات الكمرات والأعصاب كما استطاعوا تغطية مسطحات أكبر نسبيا ، بهذه الطريقة ظهر المبنى أخف إيحائيا عن المعبد المصرى القديم ، زد على ذلك تأثير خطوطه التشكيلية للقنوات

الرأسية بالأعمدة التى تؤكد تعبير الخفة. ومن ثـم فـإن الطـابع المعمارى عند الإغريق القدماء يتلخص فى العلاقة المتوازنة بـين الوزن والدعامة .

أما الرومان القدماء، فنجدهم فى البداية قد استعملوا أساليب التشييد التى ورثوها ، أو نقلوها عن الإغريق إلا أنهم نقلوا وتعلموا أساليب إنشائية جديدة أخرى خلال حروبهم، والتى تـتلخص فـى استعمال عنصر القبو Vault والقبة Dome التـى نفـذت بـالحجر المنحوت حتى تلائم مناخ روما وما حولها من مدن - مما مكـنهم من تغطية حيزات داخلية ذات مساقط أفقية مربعـة أو مـستطيله بالنسبة للقبو ، ومساقط دائرية بالنسبة للقبة. كما عرف الرومـان التغطية بتقاطع القبوين وبذلك تمكنوا من نقل أحمال السقف إلـى نقاط ارتكاز محددة ، مما مثل تقدما تكنولوجيا إنشائيا كبيرا ، كان له أثره فى إيجاد طابعا معماريا تميز بتكنولوجيته المتقدمة فى ذلك الوقت .

وبالنسبة للعمارة البيزنطية : فإن أهم ما توصلت له وتميزت به هو استعمال القبة المحمولة على أربع مثلثات كروية أو محمولة على أربع حنيات لتغطية مسقط أفقى مربع فينتقل بذلك حمل القبة خلال نقاط ارتكاز محددة ، مما ساعد على إضفاء مظهـر الخفـة

الذى تميزت به القبة البيزنطية عن القبة الرومانية التـــى وزعــت أحمالها على مجموع محيط الحوائط الحاملة ذات المسقط الأفقـــى الدائرى.

، قد تابعت العمارة البيزنطية تقدمها فى أســلوب التــشييد ، حيث استطاعت أن تغطى مساقط أفقية مستطيله الــشكل ، وذلــك بتجاور وتكرار قباب متماثلة ، فى اتجاه تلك الاستطالة ، ويتمثــل ذلك بكنيسة سان مارك بفينسيا . كما يظهر أسلوب التغطيـــة هــذا بوضوح فى مبنى كنيسة فونت فرولت Fonte Vrault التـــى بنيــت بفرنسا فى القرن ١٢ ، كما يمكن التغطية باستعمال قبة بيزنطيـــة واحدة مركزية وعلى جانبيها الأربعة أنصاف كرة بشكل حنيات ، تعمل على نقل أحمال لا قبة خلال نقاط الارتكاز إلى الدعامات، أو أن ترتكز هذه القبة المركزية على أربعة أجزاء من قبو . كما أمكن استعمال أسلوب مختلط من القبو والحنية ، لحمل القبة المركزية . ومنه جميعا نجد أن أكثر ما كان يهم المعمارى البيزنطى هو تشكيل المسقط الأفقى للمبنى بحيث أن كل قسم او عنصر منـــه – ســـواء حوائط داخلية أو خارجية – تمتص وتلغى الدفع الجانبى للأســـقف المنحنية للقباب أو القبوات . لقد أدى هذا المبدأ إلى إبداع مجموعة متنوعة من الحيزات الداخلية المتصلة فيما بينها كما هو مبين فـــى

آيا صوفيا، كما ظهر التشكيل الخارجى للمبنى اكثر تراكبا، وأكثر حيوية وغنى ، ففيها تتبدى تلك القرابة التشكيلية التى تميزها وتوحدها جميعا . وهكذا ظهر الطابع المعمارى ، حتى ليمكننا اعتبار فن العمارة البيزنطى مثالاً ناجحا لترابط أسلوبى التشييد والتشكيل ترابطا عضويا.

وإذا ما انتقلنا بعد ذلك إلى العمارة القوطية بأوروبا حيث استخدم للتغطية أسلوب التشييد بالقبوات السداسية المحمولة على أعصاب ، تنقل الأحمال إلى نقاط الارتكاز . وفى أغلب الأحيان كان ينفذ هذا القبو على مسقط أفقى مربع . فنجد أن العقود القطرية – التى تمثل الأعصاب – كانت بشكل نصف دائرة ، فى حين أن العقود – أى الأعصاب المتعامدة – على المحور الطولى للصحن نجدها مخموسة ، كما هو فى المنظور الداخلى لجزء من سقف كاتدرائية سان اتيين Saint Etienne. ولقد ظهرت إرادة المعمارى الفنان وحساسيته فى التعبير عن الأشكال وعن الجهد المخصص لمختلفة عناصر التشييد ، مما قاده إلى تغيير قطاعات الأعصاب ، وكذا قطاعات الأعمدة الحاملة لها ، تبعا للأحمال الواقعة عليها ، فهى أكبر عند ارتكاز العقود القطرية .

وهكذا استطاع معماريو القرن الثالث عشر فى أوروبا أن يعبروا بالأشكال عن طبيعة وسلوك الدفع الجانبى الناتج عن استعمال القبوات، وبذلك ظهر الطابع المعمارى للعمارة القوطية فى ضبط العلاقة التشييديه بين العناصر المعمارية.

وعامة وقبل القرن التاسع عشر فإننا نلاحظ وجود التطابق العضوى بين الحل التشييدى والتعبير المعمارى ، حيث مسئولية البناء كعمل معمارى تقع بكاملها على عاتق المهندس المعمارى فقط. أما فى بداية القرن التاسع عشر ، وبعد التوسع فى الأعمال والمنشآت المدنية ، وكبر وتنوع المشاكل وتشعب المعرفة اللازمة للحل ، فقد استلزم الأمر تدخل علم الحساب الإنشائى بكيفية أعمق وأقوى من ذى قبل تبعه تحسينات هامة جدت فى طرق وأساليب الإنشاء ، مما مهد بذلك الى تأسيس علم الهندسة المدنية. وعلى ذلك انقسم فن البناء الى فرعين :

الأول : فن العمارة الذى يحقق الغرض الوظيفى والقيمة الجمالية للمبنى.

الثانى : الهندسة المدنية وترتبط بالمشاكل التشييدية.

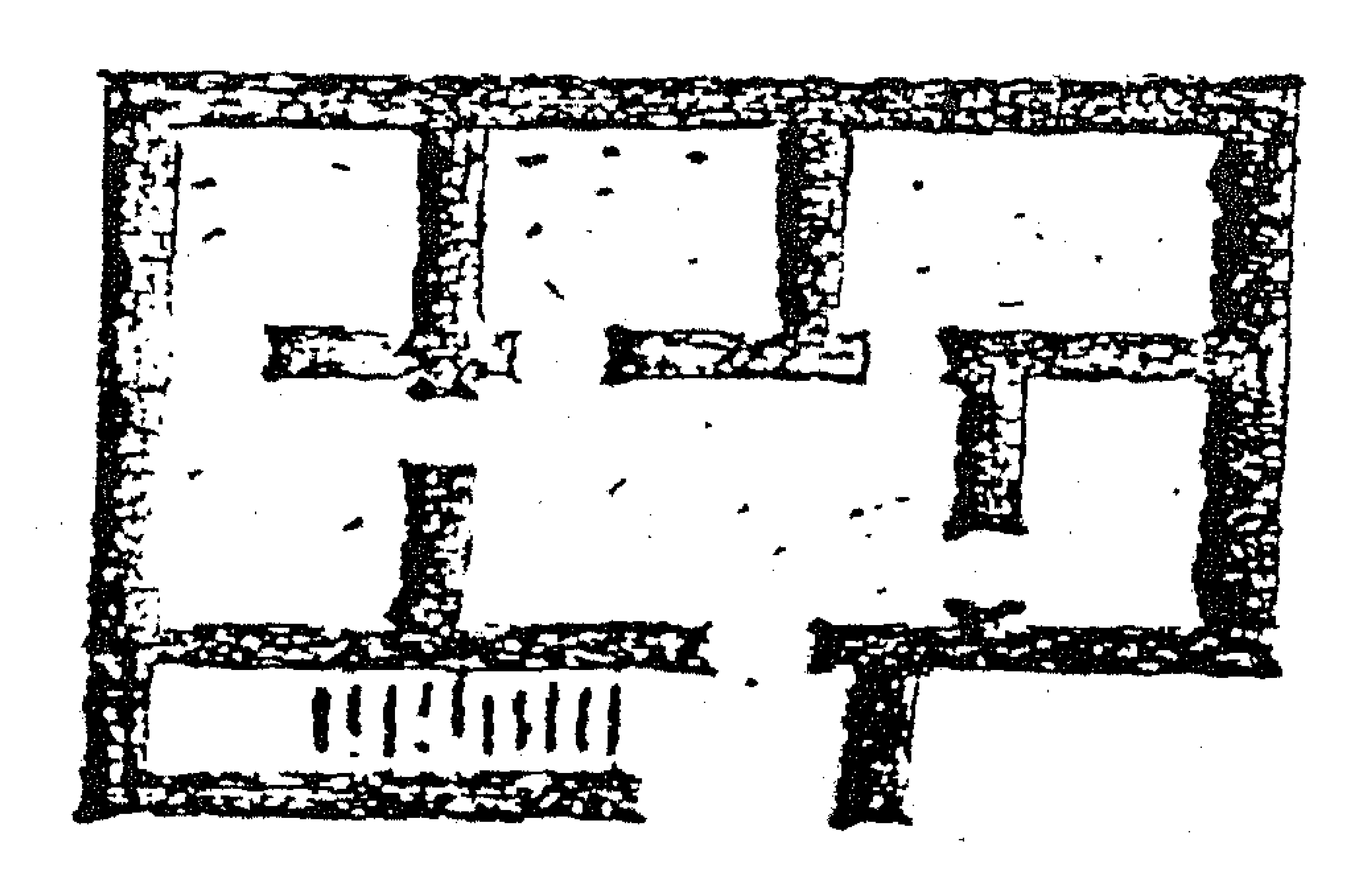
وكان من نتيجة ذلك التقسيم أن واصل كل من المهندس المعمارى والمدنى نشاطه . فالأول يبدع ويبتكر فى حلوله

وتشكيلات مبناه ، فى حين واصل المهندس المدنى – وبدون انقطاع – فى مجال الدراسات والحسابات الإنشائية وإمكانيات حل المشاكل الإنسانية وذلك من خلال تجاربه المتعددة .

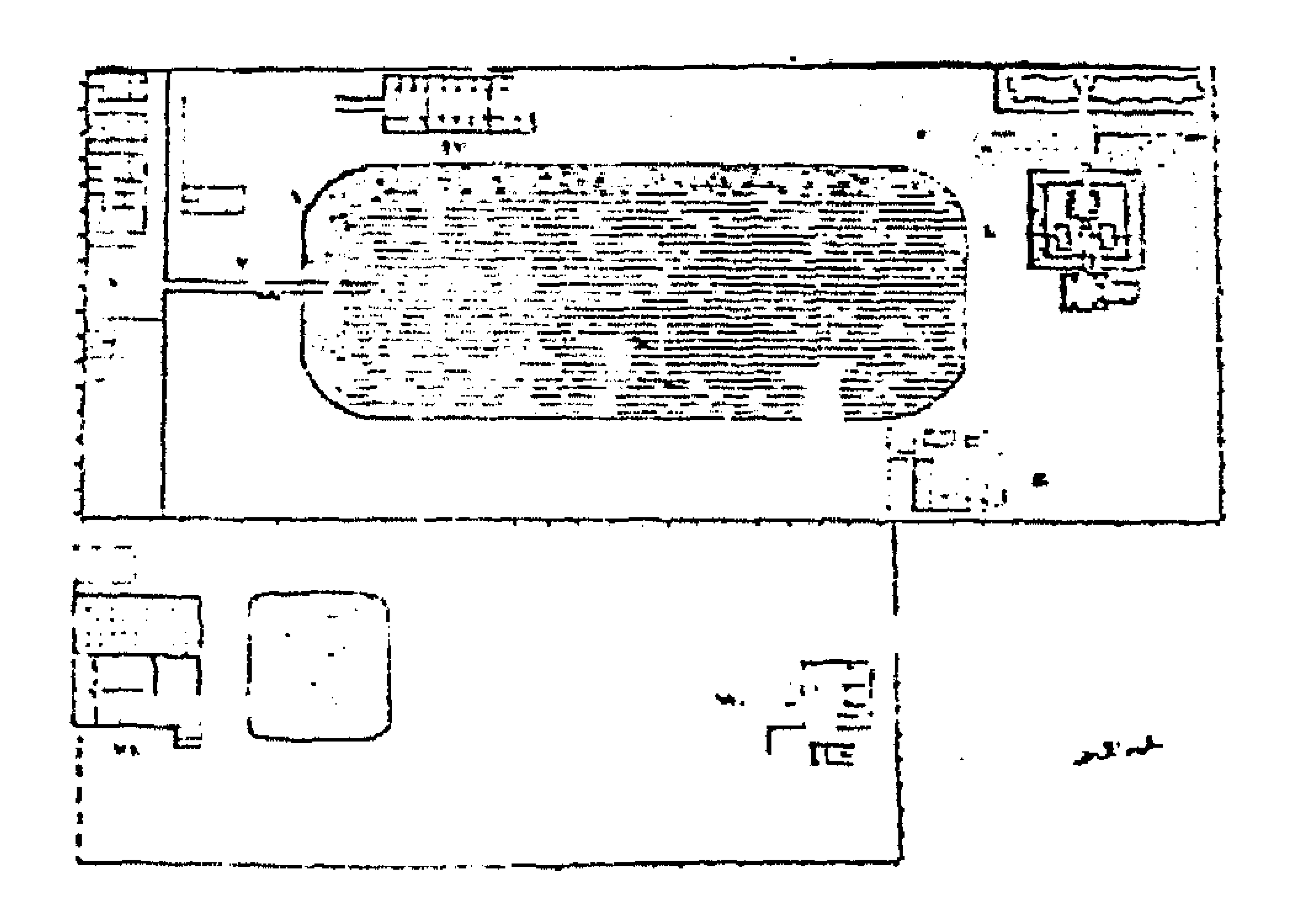
لقد بدأ المهندس المعمارى فى تطبيق ما استحدثه المهندس الإنشائى من أساليب إنشائية جديدة . ومن خامات بناء تمثل بالنسبة له منابع خصبة لتشكيلات وحلول معمارية جديدة . كما كان عليه الإلمام بدراسات المتخصصين فى أعمال التجهيزات الفنية للمبانى مثل تكييف الهواء والضوء والصوت ، التى تتدخل علومها وقوانينها فى تحديد أشكال صالات المتفرجين بصالات المسرح والسينما مثلا ، وذلك بإيجاد الخطوط والمنحنيات – سواء فى المساقط الأفقية ، أو بالقطاعات الرأسية الطولية والعرضية والتى تحددها كلها الآن الحسابات والدراسات الصوتية مثلا ، وبالتالي الوصول الى المزيد من الثراء والغنى فى الحلول التشكيلية الناجحة، وقد اتسم طابعها المعمارى بالتقدم العلمى فى تلك التخصصات.

هذا وما زال العلم يقدم الجديد فى مجال مواد البناء والتشييد، ومازال المعمارى يبدع فى أشكال المبانى وألوانها، والإنشائى يبدع فى تكنولوجيا البناء الحديث، إلا أن المواد الطبيعية تظل هى

أساس كل تقدم، والأشكال المعمارية التراثية تظل هى الأقدر على التوافق مع البيئة المكانية، ويظل المصرى القديم جذابا فى عمارته وفنونه . ونظل نحن فى حاجة إلى سبر أغوار الماضى لتجلب منه ما يفيد حاضرنا ومستقبلنا. ولا نقف فقط لتفتخر بما فعله الأجداد ونتفرج عليه .



شكل رقم (١) مسقط أفقى لمنزل فرعونى



شكل رقم (٢) مسقط أفقى لقصر مروآتون

الفصل الثاني

التربة وعلاقتها بمواد البناء

قد يفاجأ كثير من المتخصصين فى مواد البناء بأن المؤلف يكتب عن سطح الأرض والتربة المصرية كمجال يرونه بعيدا عن مجالات مواد البناء، وأراه قريبا جدا لأن أصل مواد البناء التى سنتحدث عنها فيما بعد هو الأرض وما فيها من جبال ووديان ، كما أن مواد البناء التى تؤخذ من الطبيعة أقيم بها مبانى فوق الأرض وما زال حتى الآن... وأن المنشآت الأثرية لم تكن سوى أحجار طبيعية أو طوب مصنوع من الطين أو خشب مقطوع من الغابات أو غيرها ... وأن هذه المنشآت وجدت فوق الأرض أو اكتشفت مردومة بين طبقاتها بفعل عوامل التعرية نتيجة للإهمال والترك بسبب جفاف العيون والآبار أو الأنهار أو نتيجة للحروب والخراب والدمار وهجرة الناس للسكن فى أماكن أخرى.

ومن الضرورى للأثارى والمهندس والمرمم وكل من يتعامل مع الآثار سواء بالحفر والتنقيب والبحث عنها أو وصفها ودراستها وتأريخها أو صيانتها وترميمها والحفاظ عليها أن يكون ملما بتضاريس سطح الأرض المصرية التى تختلف وتتنوع كثيرا من منطقة إلى أخرى فيوجد فيها صحارى وهضاب وجبال ووديان ومنخفضات وأنهار كان لها أثر ما فى نشوء المجتمعات العمرانية وتتطور أشكال العمارة وتعدد موادها، وتوافر بعضها فى مناطق

وندرة بعضها فى مناطق أخرى، بالإضافة إلى سهولة وصعوبة الانتقال من مكان إلى آخر واختلاف البيئات والظروف المناخية وتأثيرها على تطور أو تدهور الحضارة الإنسانية . فالإقليم المصرى عبارة عن وادى ضيق يحيط بنهر عظيم يحفه من الجانبين صحراء شرقية وأخرى غربية وعلى ضفاف النهر أشرقت أول الحضارات الإنسانية وهى الحضارة المصرية القديمة، وهى بذلك نتاج بيئة إقليمية اتاحت للإنسان المصرى الاستقرار والتطور والازدهار.

١- تضاريس الأرض المصرية :

فالصحراء الشرقية التى تمتد بين وادى النيل من جهة وبين البحر الأحمر وخليج السويس من جهة أخرى تتألف من صخور نارية ومتحولة تنتمى إلى الزمن الأركى، وهى صخور صلبة جدا لم تقدر عوامل التعرية المختلفة على نحتها، ولهذا كونت جبال عظيمة الارتفاع فى منطقة عتاقه ومنطقة الجلالة البحرية والجلالة القبلية تعلوها قمم عالية تتراوح ارتفاعها بين ١٥٠٠-٢٠٠٠م من أهمها جبل الصبير وجبل الشايب وجبل أبو دياب وجبل حمادة وجبل الخشب وجبل علبة، وكلها قمم نارية مرتفعة حافظت على مستواها القديم رغم عوامل التعرية الكثيرة التى تؤثر فى تلك المنطقة،

ويحف بهذه الكتلة النارية من ناحية الغرب شريط من الحجر الرملى النوبى تمتاز صخوره بسهولة التآكل، وقد استطاعت التعرية المائية أن تكون جزئه الشمالى وادى قنا، وإلى الغرب من تكوينات الحجر الرملى النوبى تمتد مساحة واسعة من الحجر الجيرى الأيوسينى تشغل المنطقة الواقعة بين وادى قنا ووادى النيل وتمتد شمالا حتى امتداد الطريق بين السويس والقاهرة، وعلى هذا يقتصر وجود التكوينات الجيرية الأيوسينية على النصف الشمالى من الصحراء الشرقية .

وتتميز الصحراء الشرقية بكثرة أوديتها التى ينحدر بعضها نحو وادى النيل والبعض الآخر نحو البحر الأحمر وخليج السويس مما يسر حركة الاتصال من الشرق إلى الغرب قديما مثال ذلك : وادى الحمامات الذى يتجه غربا نحو ثنية قنا ويتصل بالنيل، وكانت تمر فى هذا الوادى طريقا تجاريا بين مصر وبلاد بونت، وقد أنشأ فيها فى العصر الحديث خط حديدى يربط قنا والقصير، واستخدم هذا الطريق فى الحرب العالمية الثانية كطريق حربى.

أما الصحراء الغربية فتمتد من وادى النيل حتى ليبيا غربا ومن البحر المتوسط حتى السودان جنوبا ، وتبلغ مساحتها ثلثى مساحة مصر وتحتوى على عدد كبير من المنخفضات التى يهبط

مستواها عن المستوى العام للهضبة، وقد يهبط مستوى بعضها إلى ما دون مستوى البحر، وأهم هذه المنخفضات منخفض وادى النطرون ومنخفض القطارة وسيوة ومنخفض الواحات البحرية وواحة الفرافرة ومنخفض الواحات الداخلة والواحات الخارجة وشرق العوينات . وهذه المنخفضات يوجد بها تجمعات عمرانية نظرا لتفجر عيون المياه فيها وقرب المياه الجوفية من مستوى سطح الأرض .

ونظرا لتنوع التكوينات التى تتألف منها الهضبة الغربية فى مصر فإن المظاهر العامة لسطح الأرض تختلف من منطقة إلى أخرى، فإلى جانب المنخفضات السابق ذكرها توجد المرتفعات مثل هضبة الحجر الرملى النوبى التى توجد فى جنوب الصحراء الغربية، والتى تهبط من ارتفاع ٨٠٠م فى الجنوب إلى ١٠٠م فى الشمال حيث تنتهى بمنخفض الواحات الداخلة والخارجة حيث نرى تكوينات الحجر الجيرى الأيوسينى .

وهضبة الحجر الجيرى الأيوسينى التى تشرف على منخفض الواحات الداخلة والخارجة وتعلو عنه بارتفاع يصل إلى ٤٠٠م تنحدر تدريجيا نحو الشمال حتى تنتهى عند منخفض سيوة والقطارة ويكون مستواها قد هبط إلى مستوى سطح البحر تقريبا فى الشمال، وفى هذا المنخفض يوجد واحة الفرافرة والواحات البحرية ومنخفض الفيوم .

وأخيرا هضبة الحجر الجيرى الميوسينى وتمتد من المنخفض الذى تشغله واحة سيوة ومنخفض القطارة فى الجنوب حيث تشرف عليه بحائط مرتفع يبلغ ٢٠٠م تقريبا إلى البحر المتوسط فى الشمال حيث تنحدر تجاه البحر تدريجيا حتى يصل مستواها إلى ٥٠م فوق مستوى سطح البحر بالقرب من المناطق الساحلية فى الإسكندرية ومطروح والسلوم .

أما شبه جزيرة سيناء فهى عبارة عن هضبة انكسارية مثلثة الشكل تقريبا رأسها فى الجنوب، ويجاورها خليجا العقبة والسويس من الشرق والغرب، وقاعدتها فى الشمال تطل على البحر المتوسط، ويفصلها عن مصر قناة السويس والبحيرات المرة التى تمر بها القناة، وتنقسم من ناحية البنية والتضاريس إلى ثلاثة أقسام.. القسم الجنوبى: عبارة عن منطقة صلبة تتكون من صخور نارية ومتحولة تابعة للزمن الأركى ويعتبر هذا الجزء مكملا للكتلة النارية فى شرق الصحراء الشرقية، ويوجد بهذا الجزء قمم جبلية عالية مثل جبل سانت كاترين وجبل موسى، كما تكثر فيه الوديان مثل وادى فيران ووادى نصيب .

القسم الأوسط ويعرف بهضبة التيه ويبلغ ارتفاع هذه الهضبة ٨٠٠م وتنحدر تدريجيا نحو الشمال ويمكن اعتبارها مكملة لهضبة

الحجر الجيرى الأيوسينى التى تشغل جزء كبيرا من الصحراء الشرقية ولا يفصلها عنها سوى خليج السويس. وتنحدر من هضبة التيه عدة أودية أشهرها فى الشمال وادى العريش .

أما القسم الشمالى فينحصر بين هضبة التيه والبحر المتوسط، وهو عبارة عن منطقة سهلة تمتد على طول ساحل البحر المتوسط من الشرق إلى الغرب على شكل ممر يصل قارتى أفريقيا وآسيا ويتكون هذا الممر من صخور جيرية تابعة لعصر البليوسين يعلوها عدد كبير من الكثبان الرملية التى تكونت فى عصر البلستوسين، وهذه الكثبان تمتد بموازاة ساحل البحر ويتراوح ارتفاعها بين ٨٠-١٠٠٠م .

وأخيرا منطقة وادى النيل التى تمتد حول نهر النيل فى مصر من الجنوب إلى الشمال ما بين حلفا والقاهرة، ودلتا النيل التى تبدأ من عند القاهرة حتى البحر المتوسط، وهى سهل عظيم الاستواء يتكون من صخور جيرية تابعة لعصر البليوسين يليه طبقة الحصى والزلط والرمل تابعة لعصر البلستوسين كانت تحملها الأنهار التى تأتى من الصحراء الشرقية والغربية وتغطى قاع الوادى وتملأ بها البحيرات التى كانت فيه.

وقد حدث بعد عصر البلستوسين أن شقت مياه الجهات الاستوائية ومياه هضبة الحبشة طريقا إلى الشمال فى منطقة الحجر الرملى النوبى التى تقع إلى الجنوب من ثنية قنا، وقد بلغ من عظم تآكل الحجر الرملى النوبى فى هذه المنطقة أن مياه النيل فى الوقت الحالى تجرى فوق التكوينات النارية الموجودة أسفل الحجر الرملى النوبى، وتظهر الحالة بوضوح جنوب أسوان، أما فى شمالها فيتسع الوادى فى بعض النقاط بحيث يكون مناطق رسوبية واسعة مثل حوض كوم أمبو الذى يتكون من رواسب من الرمل والحصى والزلط كطبقة سفلى يليها رواسب دقيقة من طمى النيل تتكون منها التربة الزراعية .

أما الجزء الذى يقع إلى الشمال من ثنية قنا وحتى القاهرة فهو عبارة عن وادى مستطيل عرضه يصل إلى ٢٠ م يرتكز على قاعدة من الحجر الجيرى الأيوسينى يليها رواسب من الرمل والحصى والزلط جلبتها الأنهار والمجارى المائية القديمة من الهضبتين الشرقية والغربية، ثم طبقة عليا من الرواسب الطينية التى يتشكل منها التربة الزراعية . وتتكون جوانب هذا الجزء من الوادى من أحجار جيرية أيوسينية عمودية يتراوح ارتفاعها بين ٢٠٠-٣٠٠م فوق مستوى قاع الوادى .

وتبدأ دلتا النيل عند القاهرة حيث يكــون مــستوى الأرض أعلى من سطح البحر بمقدار ١٧م، وتنحدر تدريجيا نحــو البحــر المتوسط حتى إذا لاقته كانت فى مستواه تقريبا، وقد يبلغ مــستوى بعض الأراضى شمال الدلتا منسوبا أقل من مستوى ماء البحر كما هو الحال فى بحيرة مريوط، أما بحيرة المنزلــة فقــد كانــت فــى الماضى أقل اتساعا مما هى عليه الآن، ويرجع اتساعها فى العصر الحديث إلى هبوط الأرض فى شرق الدلتا، ومن الأدلة التى تثبــت ذلك وجود آثار بعض المدن المصرية القديمة فى جزر قائمة وسط البحيرة مثل آثار مدينة تانيس . وهبــوط الأراضــى الــساحلية لا يقتصر على شرق الدلتا فحسب بل إن أرض غرب الدلتا أيضا قــد هبطت فى منطقة الإسكندرية بدليل وجود بعض المدن الإغريقيــة القديمة غارقة تحت سطح البحر وقد كانت تلك الآثار وقت إنشاؤها فوق مستوى سطح البحر .

ويجرى فى أرض الدلتا حاليا فرعى رشيد ودميــاط وهمــا الفرعان الباقيان من عدة فروع لنهر النيل كانت تختــرق الــوادى ونشأت على شواطئها مدن وبقيت منها آثار .

ومن أشهر هذه الفروع القديمة: الفرع البلــوزى والفــرع التنيسى والفرع المنديسى والفرع السبنتى والفرع الكانوبى وتربــة

الدلتا عبارة عن ترسيبات نيلية قديمة خشنة عبارة عن حصى وزلط ورمل، وحديثة ناعمة عبارة عن طين وغرين ورمل ناعم جلبتها مياه الأنهار منذ بداية عصر البلستوسين حتى العصر الحديث وهذه الرواسب الناعمة التى جاءت إلى مصر من هضبة الحبشة كونت على مر العصور طبقة طينية تغطى أرض الدلتا وتستخدم فى الزراعة ومنها أخذ الطين الذى صنع منه قوالب الطوب اللبن والطوب الأحمر التى استخدمت فى البناء قديما وحديثا .

ولا شك أن البيئة المصرية بمناخها وتضاريس أرضها ساعدت المصرى القديم على الاستقرار إلى جوار المياه العذبة، وعلى الأرض السهلة المستوية، واستطاع بالتجربة وتحت ضغط الحاجة أن يجوب الصحارى ويستخرج منها الأحجار الصالحة والمعادن اللازمة للصناعة، وأن يصنع من الطين قوالب طوب للبناء وأوانى فخارية للاستخدامات اليومية، وبذلك وفرت له الأرض المصرية احتياجاته المادية من ثروات طبيعية استغلها أفضل استغلال وأنشأ أقدم حضارة عرفت على وجه الأرض ومازالت آثارها فى العمارة والفنون تدل عليها .

٢-التربة كمادة تأسيس :

ما من شك أن الأعمال الإنشائية فى العصر الحديث يجب أن ترتكز على أساس من دراسات جيومورفولوجية واختبارات طبيعية وميكانيكية لتربة التأسيس لتحديد مدى صلاحيتها للبناء، ويغير هذه الدراسات قد يتعرض المنشأ لمشاكل جيولوجية وبيئية قد تؤدى إلى انهياره . كما أن أعمال الترميم للمبانى الأثرية يجب أن يسبقها دراسات إنشائية لتحديد المشاكل الإنشائية الناتجة عن تغيير اتزان المبنى نتيجة لتأثير الأحمال الديناميكية والاستاتيكية أو لحدوث انزلاق فى تربة التأسيس نتيجة لحركة المياه تحت السطحية كتسرب مياه المجارى إلى أساسات المبانى أو تلك المشاكل الناتجة عن سوء اختيار موقع التأسيس لمبنى صار أثرا بمرور الزمن .

من أجل ذلك.فإن دراسة التربة وتحديد صلاحيتها للتأسيس أو صلاحيتها لحفظ وصيانة المبانى الأثرية هام جدا للمعمارى والإنشائى والمرمم . وتنقسم التربة جيولوجيا إلى نوعين أساسيين :

تربة متبقية : وهى التربة التى تكونت نتيجة لعوامل التجوية المختلفة، وينتج عنها تكون حبيبات مفككة تعلو الصخور الأصلية . وأحيانا تتواجد التربة المتبقية أسفل تربة منقولة ترسبت فوقها بعد تكون التربة المتبقية، وعادة ما تكون التربة المتبقية أساسا جيدا للمنشآت .

تربة منقولة : وهى التربة التى تكونت نتيجة لعوامل التجوية المختلفة ثم نقلت من مكان تكونها ورسبت فى مكان آخر بفعل المياه أو الفيضانات أو الرياح أو الثلوج .

والتربة المنقولة بالمياه تكون تربة سميكة من حبيبات ناعمة متماسكة فى دلتا الأنهار والأودية وتكون أكثر صلاحية للزراعة نظرا لقابليتها للانضغاط أو ضعفها النسبى . أما التربة المنقولة بالرياح فتكون إما ناعمة : وهذه التربة غير مرغوب فيها إنشائيا لقابليتها للانضغاط ولفقدها القدرة على المقاومة عند زيادة محتواها المائى . وإما خشنة: وتكون من الرمال المفككة قليلة المقاومة كالتى على شواطئ الأنهار والبحار ولا تصلح للإنشاء .

كما يوجد أنواع أخرى من التربة عرفت لدى المتخصصين بالتربة الصعبة أو التربة ذات المشاكل، وهى التربة التى تسبب مشاكل إضافية من وجهة النظر الإنشائية نتيجة لظروف تكوينها أو للتغير فى الظروف البيئية المحيطة، وتحدث هذه التربة حركة نسبية فى المنشأ أعلاها نتيجة الانتفاخ أو الهبوط .

ومن أهم أنواع التربة ذات المشاكل أو التربة الصعبة ما يلي :

١-التربة القابلة للانهيار:

وتعرف بأنها التربة التى تتحمل اجهادات عالية نسبيا مع قيم هبوط منخفضة عندما تكون نسب الرطوبة الطبيعية منخفضة جـدا وبارتفاع كمية الرطوبة تكون قيم الهبوط عالية جدا مصحوبا بانهيار فى تكوين التربة الداخلى . وهى التربة التى ينقص حجمها الكلـى عند وصول الماء إليها وينتج عنه هبوط فى سـطح الأرض بعـد تشبعها بالماء.

تتحمل التربة القابلة للانهيار أحمـالا كبيـرة فـى حالتهـا الطبيعية مع حدوث هبوط صغير بزياد نسبة الرطوبة وعند زيادتها يحدث هبوط كبير يسبب أضرار جسيمة بالمبانى المقامة على هـذه التربة ولكى يحدث الانهيار فى التربة لابد من توافر شرطين وهما:

١- تركيب التربة يحتوى على فراغات كبيرة نسبياً .

٢- نسبة الرطوبة ضئيلة وأقل بكثير من درجة التشبع .

ويتأثر مقدار ومعدل الانهيار بمحتـوى الطـين والتركيـب المعدنى للتربة وشكل الحبيبات ونسبة الرطوبة الطبيعية والفراغات وحجمها وشكلها وتركيز الأيونات والمواد اللاحمة التى قد تـشمل على الجبس- كربونات الكالسيوم – أكاسيد الحديد – المواد الطينية.

ويرجع أصل هذه التربة إلى الترسيبات النهرية أو الشاطئية.
وقد تتحول التربة المتبقية إلى تربة قابلة للانهيار بسبب التغير في نسبة الرطوبة . وتتميز هذه التربة بتركيبها المتفكك. وإذا كانت نسبة الفراغات فى التربة كافية للاحتفاظ بنسبة رطوبة عند تشبعها بالماء مساوية لحد السيولة فإن هذه التربة تكون معرضة للانهيار عند تعرضها لزيادة نسبة الرطوبة . وتعتمد قيمة درجة التشبع على التدرج الحبيبى ونسبة الرطوبة الحرجة (التشبع) التى يحدث عندها انهيار التربة حيث أن :

* درجة التشبع الحرجة للزلط الرفيع ٦-١٠% .
* درجة التشبع الحرجة للرمل والطمى الناعم ٥٠-٦٠% .
* درجة التشبع الحرجة للطمى الطينى ٩٠-٩٥%.

٢-التربة القابلة للانتفاخ:

وتتميز هذه التربة بأن لها القدرة على الانتفاخ عند إضافة المياه لها وتنكمش عند فقد الماء وتتعرض الأساسات المقامة على هذه التربة لقوى رافعة بسبب الانتفاخ وتسبب أضرارا بالغة للمبنى قد تؤدى إلى الانهيار الكامل، وتتوقف قيمة الانتفاخ على زيادة الكثافة الجافة وزيادة نسبة الطين (المونتموريلينيت) . والتربة القابلة للانتفاخ تكون صلبة فى حالتها الجافة أما فى حالتها الرطبة فإنها تفقد هذه الصفة.

تتصف هذه التربة بقدرتها العالية على الانتفاخ أو الانكماش المصاحب للتغير فى محتوى الرطوبة لها. وعند التأسيس على هذه التربة يراعى احتمال الحركة من جانب هذه التربة والضغوط الناتجة عن الانتفاخ . وتتوقف درجة الانتفاخ على عدة عوامل منها نوع معدن الطين ونسبة وجوده وكثافة التربة ونسبة الحبيبات النشطة الطينية إلى الحبيبات غير الطينية ومحتوى الماء الطبيعى والتكوين البنائى والجهد الواقع على التربة.

ويرجع أصل التربة القابلة للانتفاخ إلى أحد البيئات الترسيبية الصحراوية أو النهرية أو بيئة المياه الضحلة أو بيئة المصبات الخليجية، وتتميز هذه البيئات بأنها غنية بالأيونات المختلفة التى تساعد فى تكوين التربة الانتفاخية ومعدن المونتموريلينيت الذى يتميز بالتركيب الطبقى الذى يمتص أحد الأيونات الشرهة للمياه بين طبقاته، كما أن تباعد هذه الطبقات يؤدى إلى انتفاخها .

٣- التربة الطينية اللينة:

تتميز بأنها عالية الانضغاط ومقاومتها للقص منخفضة، ومعامل القوام منخفض، وتعتبر هذه التربة مشكلة كبيرة عند التأسيس عليها أو التعامل معها .

نظراً لقابلية هذه التربة إلى الانضغاط مما يتسبب عنه هبوط كبير للمنشآت المقامة عليها وتتميز حبيبات هذه التربة بخاصية الزحف .

ويرجع أصل هذه التربة إلى أحد البيئات الترسيبية النهرية أو الدلتا أو المياه الضحلة أو البحرية، وتوجد ترسيبات عميقة من هذه التربة عند مصبات النيل بالدلتا وفي بعض المناطق على الشاطئ الشمالي . وتحتوي على مواد عضوية متحللة على هيئة ألياف أو غرويات أو بقايا نباتية ناقصة التفحم.

٤-تربة الردم :

الردم هو خليط من القمامة والأنقاض والتربة المفككة، وعادة ما يكون الردم بفعل الإنسان، وقد يكون الردم حديث أو قديم، وقد يتكون الردم من بقايا آدمية أو من عادم ونواتج مخلفات المصانع، ويتنوع الردم حسب مواد تكوينه وعمرة وهناك الردم الصحي، وردم الأنقاض، كما توجد أنواع من الردم تحتوي على تربة طبيعية مثل ردم الطين، الزلط، الرمل ..... وغيرها .

وعند التعامل مع تربة الردم يلزم مراعاة الآتي :

١-عمق الردم وتغيراته فوق الموقع

٢- طبيعة وتكوين مادة الردم

٣–عمر الردم

٤– طريقة تكوين الردم

٥– عمق الطبقات الطبيعية تحت الردم .

٦– طبيعة وخواص الطبقات الطبيعية تحت الردم .

٧– المياه ومصادرها فى طبقات الردم .

من أهم مشاكل تربة الردم أنها تحدث هبوط مستمر علـــى زمن طويل ويعتمد معدل الهبوط بتربة الردم علـــى عمـــر الـــردم بالشهر بين بداية الردم ووقت التعامل مع التربة .

ويجب ملاحظة منع التأسيس على تربة الردم غير المعروفة طبيعتها، أو على الردم الناتج من برك ومستنقعات أو الذى يحتوى على بقايا أخشاب أو نفايات ضارة .

وينبغى التعامل مع هذه التربة بحذر شديد لمعالجة مـــشاكله الكثيرة مع تحديد قدرة تحميل التربة .

٣-التربة كمادة بناء:

تتكون التربة عادة من معادن الطين بالإضافة إلى معـــادن أخرى مثل الفلسبار وكربونـــات الكالـــسيوم والرمـــل .... إلـــخ . والمعادن الأخيرة غالبا ما تكون حبيباتها أكبر من حبيبات الطين وقد أمكن تصنيف مكونات التربة طبقا لحجم حبيباتها فقط إلى مايلى :

الطين : أقل من ٢ ميكرون .

الغرين : من ٢-٢٠ ميكرون .

الرمل : من ٢٠-٢٠٠٠ ميكرون (٢مم) .

الزلط : أعلى من ٢مم .

والتربة الغنية بالطفلة تكون لينة زيتية الملمس وعند الجفاف تنكمش بقوة ويحدث بها شروخ أو شقوق وذلك على عكس التربة الغنية بالرمل التى لا تكون لدنة وجافة الملمس .

وتعتبر الطفلة المادة الرابطة الأساسية فى التربة الطينية، وغالبا ما تترتب بلوراتها فى شكل اندماجي وهى فى هذه الحالة تكون غير لدنة لكن عندما يضاف الماء إلى الطفلة فإن بلوراتها يحدث بها تغيرات تؤدى إلى تفككها وتصبح أكثر لدونه .

ولكى يتم تجهيز مواد بناء من التربة يستلزم دائما تخزين التربة الغنية بالطين لفترة زمنية تحت الماء حتى يتم تحسين لزوجتها .

كما أن وجود المعادن غير الطينية يكون ضروريا كمواد مالئة خاملة تقلل من انكماش الطين عند الجفاف وكذلك تجنبه التشقق، وأحيانا عند الضرورة يضاف الرمل خاصة إذا كانت التربة غنية بالطين وأيضا ناعمة الملمس .

ويصنع الطوب اللبن من التربة الطينية والمونة المستخدمة في صناعة القوالب تشبه فى الغالب المونة المستخدمة فى البناء وعادة تغطى أسطح المبانى التى تشيد بالطوب اللبن بشيد الطين الذى يقوى أحيانا بمواد ليفية مثل التبن ، القش ، الأرز .

وفى نماذج أخرى لتكنولوجيا البناء بالطين يتم تجهيز المواد تقريبا فى شكل كرات وبعد ذلك توضع فى أماكنها فى البناء وتدمك جيدا مع بعضها حتى ينتهى البناء ويسمى هذا النوع من البناء فى مصر بناء الطوف .

الفصل الثالث

الأحجار الطبيعية

استخدم البناء المصرى أنواع متعددة من الأحجار فى بناء منشآته الدينية والمدنية – وقد شاع استخدام بعض أنواع الحجر فى عصور تاريخية معينة ، وشاع البعض الآخر فى عصور أخرى .

فقد شاع استخدام الحجر الجيرى مثلا فى مصر الفرعونية منذ بداية الأسرات وحتى عصر الأسرة الثامنة عشر عندما استبدل به الحجر الرملى منذ هذا العصر وحتى العصر الرومانى وخاصة فى جنوب مصر، ثم شاع استخدام الحجر الجيرى مرة أخرى فى مبانى العصور الإسلامية جنبا إلى جنب مع الطوب الأحمر .

كما يلاحظ أن الطوب اللبن استخدم منذ أقدم العصور ومازال مستخدما حتى يومنا هذا فى البناء جنبا إلى جنب مع الحجر والطوب الأحمر.

١-أحجار البناء والتكسية:

وفيما يلى نذكر أهم الأحجار التى استخدمت فى البناء فى مصر وبعضها مازال يستخدم حتى الآن ، ولو على نطاق ضيق..

١- الحجر الجيرى Lime Stone:

الحجر الجيرى صخر رسوبى ، قد يكون كيميائيا أو عضويا من حيث النشأة* ، والأخير أكثر الصخور الجيرية شيوعا، ويتكون

---

* الصخور الرسوبية الكيميائية : هى الصخور التى تتكون نتيجة تراكم المواد المعدنية التى تتخلف بعد تبخر المحاليل التى كانت تحتويها .

الحجر الجيرى من الكالسيت (كربونات الكالسيوم) ويسمى : حجر جيرى كلسي، أو من معدنى الكالسيت والدولوميت (كربونات الماغنسيوم) ويسمى : حجر جيرى ماغنيسى ، خاصة إذا زادت نسبة الماغنسيوم فيه عن ١٥% . أما إذا وجدت به مواد أخرى مثل السليكا أو الطين فيسمى على أساسها: حجر جيرى سيليسى أو حجر جيرى طينى.

والحجر الجيرى صخر صلب نوعا ما ، سهل التشغيل، قليل الفراغات، يقاوم الحريق حتى ٩٠٠ درجة مئوية ، لونه أبيض ، وقد يكتسب اللون البنى أو الأبيض المصفر إذا اختلطت به شوائب الحديد.

والطباشير نوع من أنواع الأحجار الجيرية يتميز بلونه الأبيض الناصع وقلة صلابته.

ويستعمل الحجر الجيرى فى البناء، وهو من أكثر الأحجار شيوعا فى هذا المجال ، حيث بدأ استخدامه منذ عصر الأسرة الأولى الفرعونية وذلك فى تبطين عدد من الحجرات الصغيرة فى مقبرة من

- الصخور الرسوبية العضوية: هى الصخور التى تتكون نتيجة تراكم المواد الصلبة التى خلفتها الحيوانات والنباتات.

ذلك العصر في سقارة، ويعتبر هرم زوسر أقدم بناء على وجه الأرض استخدم في بنائه الحجر الجيرى .

وقد ظل هذا الحجر مستخدما كمادة بناء في المقابر والمعابد الفرعونية حتى نحو منتصف الأسرة الثامنة عشر، عندما استبدل به الحجر الرملي بوجه عام ، ولو أن الأول ظل يستعمل أحيانا كما في معبد الملكة حتشبسوت الجنائزى في الدير البحرى " الأسرة ١٨" ، ومعبدى سيتى الأول ورمسيس الثاني في أبيدوس " الأسرة ١٩".

كما استخدم الحجر الجيرى في بناء العديد من المساجد في العصر الإسلامي وكثر استخدامه في العصر المملوكى ويعتبر مسجد الجيوشى أول عمل معمارى كامل من الحجر الجيرى في العصر الفاطمى"١٠٨٥م".

ولم يقتصر استخدام الحجر الجيرى على البناء فقط بل استعمل في أغراض أخرى كنحت التماثيل وذلك لسهولة العمل فيه ، وقد تجلى فن نحت التماثيل في هذا النوع من الحجر في عهد الأسرتين الخامسة والسادسة في الجيزة وسقارة .

ويوجد الحجر الجيرى بالجبل الأحمر قرب القاهرة وفي طره والمعصرة والمقطم، وقد عثر في محاجر طره على نقوش يرجع عهدها إلى الأسرة الثانية عشرة وتمتد إلى الأسرة ثلاثين ، غير أنه

وجدت وثائق تدل على أن قطع الأحجار من طره يرجع عهده إلى الأسرة الرابعة ، ولكن مما لاشك فيه أن أحجار هذه الجهة كانت تستعمل فى بناء آثار سقارة منذ الأسرة الثالثة .

أما محاجر المعصرة فالنقوش التى عثر عليها ترجع إلى الأسرة الثامنة عشرة حتى عصر البطالمة .

كما يوجد الحجر الجيرى فى أماكن أخرى مختلفة فى صعيد مصر، فى محاجر العمارنة وبنى حسن وأبيدوس. كما وجدت محاجر حجر جيرى قرب الأقصر فى منتصف المسافة تقريبا بين الأقصر واسنا.

٢- الحجر الرملى Sand Stone:

الحجر الرملى صخر رسوبى ميكانيكى، يتكون من حبيبات مستديرة أو زاوية من الرمال تم ترسيبها ثم التصاقها ببعضها بواسطة السيليكا أو كربونات الكالسيوم أو أكسيد الحديد أو المواد الطينية، ولذلك يختلف الحجر الرملى فى لونه وصلابته ومتانته.

ولنوع المادة اللاحمة أو اللاصقة تأثير فى خواص الحجر كما يلى:

- **السيليكا:** تجعله صلب صعب التشغيل ، وتكسبه اللون الفاتح ويسمى: حجر رملى سيليسى .

- **كربونات الكالسيوم :** تجعله أقل صلادة ومتانة من النوع السابق وتسهل عملية تشغيله ، وتكسبه لونا فاتحا أفتح من سابقه ويسمى: حجر رملى جيرى.
- **أكاسيد الحديد:** تجعل الصخر قليل الصلادة وتكسبه اللون البنى أو الأحمر ويسمى : حجر رملى حديدى .
- **المواد الطينية :** تجعل الصخر رخو سهل القطع والتفتيت . ويسمى حجر رملى طينى .

وبصفة عامة تختلف ألوان الأحجار الرملية ومسمياتها طبقا لنوع المادة اللاحمة وألوانها. فالحجر الرملى الضارب لونه الى الاحمرار قد التحمت حبيباته بواسطة محاليل الليمونيت (Limonite) أو الهيماتيت (Hematite). أما الصخر الرملى الأبيض اللون أو الفاتح فتختلف مادته اللاحمة ، فإذا ما كان شديد الصلادة، فإن هذا يدل على أن الكوارتز يمثل مادته اللاحمة . أما إذا كان من السهل تفتيته ، فإن هذا يعنى أن معدن الكالسيت يمثل مادته اللاحمة.

ولذلك تتوقف خواص الحجر الرملى على حجم حبيباته وعلى نوع وكمية المادة اللاحمة لجزيئاته ، ويتحمل درجة الحرارة حتى ٨٠٠ درجة مئوية ، إلا أن الحرارة العالية والماء لهما تأثير سيىء عليه.

وأغلب استخدامات الحجر الرملى فى أعمال البناء ، وقد بدأ الاهتمام بمحاجر الحجر الرملى منذ الأسرة الحادية عشرة الفرعونية، حيث استخدم الحجر الرملى فــى بنــاء المعبــد الجنــائزى للملــك منتوحوتب بالدير البحرى. وكذلك النصب التذكارى للملــك ســيتى الأول "الأوزيريون " بأبيدوس جزء كبير منه بنيا بــالحجر الرملــى وكسوته الخارجية حجر جيرى " الأسرة ١٩" .

وقد انتشر استخدام الحجر الرملى فى منتصف الأسرة الثامنة عشرة إذ الواقع أن بناء العديد من المعابد منذ هذه الفترة حتى العصر الرومانى كانت تبنى من هذا الحجر. وأهم هــذه المعابــد : معابــد الأقصر والكرنك والقرنة والرمسيوم ، ومدينة هابو وديــر المدينــة واسنا وادفو وكوم إمبو وفيله .وكذلك المعابد التى فى بلاد النوبة ما بين أسوان ووادى حلفا ، يضاف إلى ذلك معابد الواحات الواقعة فى الصحراء الغربية .

على أن هناك معابد قد بني بعضها بالحجر الجيرى الأبيض وبعضها بالحجر الرملى ،ونخص بالذكر منها معبد " تحتمس الرابع " ومعبد " منفتاح " أما معبد " حتشبسوت " بالدير البحرى فقد بنى كله بالحجر الجيرى الأبيض .

وبصفة عامة فان الغالبية العظمى من آثار جنوب الوادى ، مبنية من الحجر الرملى ، ابتداء من عصر الأسرة الثامنة عشر حتى العصر الرومانى .

كما استخدم الحجر الرملى فى نحت التماثيل : وأشهرها : تمثالا ممنون بالضفة الغربية للنيل أمام الأقصر،وتمثال اخناتون بالأقصر وتماثيل رمسيس الثانى بأبى سمبل .

والحجر الرملى يوجد بالقرب من القاهرة فى الجبل الأحمر وفى بعض الاماكن فى صعيد مصر ، خاصة شمال أسوان ، حيث توجد أقدم محاجر الحجر الرملى وهى: محاجر السلسلة قرب مدينة كوم أمبو " ٤٠ كم قرب مدينة ادفو" وقد وجدت عليه نقوش منذ الأسرة الثامنة عشرة حتى العصر الرومانى .

وكذلك توجد محاجر سراج على مسافة ٢٠ ميلا جنوبى أسوان، وفى بلاد النوبة فى قرطاس على بعد ٢٥ ميلا جنوبى أسوان أيضا ، وهذه المحاجر الأخيرة كانت مستعملة من الأسرة الثلاثين حتى العصر الرومانى، وبخاصة لقطع الأحجار التى بنى بها معبد قرطاس ومعبد فيله ، أما الأحجار التى بنى بها معابد بلاد النوبة فكانت تقطع من محاجر بالقرب من تلك المعابد نفسها ، كما يشاهد ذلك فى المحاجر الصغيرة القريبة من دابود وتافا وبيت الوالى .

٣- الجرانيت Granite:

صخر جوفى ، حامضى* ، يتكون من الكوارتز والأرثوكليز ، وكميات مختلفة من الميكا وأحيانا الهونبلند بدلا منه ، وقد يحتوى على معادن أخرى غير السابقة ولكن بكميات قليلة تختلف من نـوع إلى آخر.

ويختلف لون الجرانيت طبقا لتركيبه ، إلا أنه عادة فاتح اللون وقد يكون أحمر أو رمادى . وتتفاوت أحجام البلـورات بالجرانيـت فقد تكون كبيرة الحجم ، وفى هذه الحالة يقال للجرانيت أنه خـشن ، وقد تكون صغيرة الحجم ، وفى هذه الحالة يقال للجرانيت أنه نـاعم أو دقيق الحبيبات.

والجرانيت من الصخور شديدة الصلادة والمتانـة، صـعب التشغيل ، مقاوم للتآكل يتـراوح ثقلـه النـوعى مـن ٣,٦ – ٣,٧، ومساميته لا تزيد عن ١% ، إلا أن وجود نسبة من الميكا بـه ، أو المواد الغريبة خاصة الحديد بنسبة عالية يضعف من قوة تحمله، ولا يستطيع مقاومة تأثير الحريق خصوصا مع الماء.

وقد استخدم الجرانيت منذ عصر ما قبل الأسرات فى مصر كحجر من أحجار الزينة ثم استمر استخدامه فى كافة العصور ، فقد

* الصخور الحامضية : ترتفع فيها نسبة السيليكا عن ٦٦% من جملة وزن الصخر .

صنعت منه الأوانى ، وموائد القرابين ، والتوابيت ، والتماثيل ، والمسلات ، وبنيت به بعض حوائط المعابد والأعمدة . وكسيت به الحوائط الداخلية، والخارجية للأهرامات، وغطيت به أسقف الحجرات ، وعملت منه قواعد الأعمدة وأعتاب الأبواب.

وقد كانت كميات كتل الجرانيت الباقية فى منطقة أسوان من الوفرة بحيث كانت دائما كافية لسد الاحتياجات من الكتل ذات الأحجام الصغيرة ، أما الكتل ذات الأحجام المتوسطة فكانت تقطع بالتعتيل ، وابتداء من الدولة الوسطى بدأ الاهتمام بإقامة المسلات الضخمة والتماثيل الكبيرة مما استلزم نحت الصخر فى جبله باستخراج الأحجار المطلوبة .

وقد كانت مواقع محاجر الجرانيت بوسط النيل أو بالقرب منه من العوامل المحبذة للاستفادة من تلك المحاجر ، حيث كانت تجهز الأعمدة واللوحات فى صورتها النهائية فى ورش متخصصة فى مواقع المحاجر بأسوان ، ثم توضع على زحافات وتوثق بالحبال ثم تنقل إلى السفن لتكون جاهزة لإقامتها فى أماكنها بمجرد وصولها .

وعلى الرغم من وجود الجرانيت فى مصر فى أماكن متعددة ، إلا أن جرانيت أسوان كان دائما الأكثر شهرة والأفضل عند الاستخدام . وقد استخدم الجرانيت فى بناء سد أسوان، والسد العالى

فى العصر الحديث، وما يزال يستخدم حتى الآن فى عمل الأعمدة والتماثل والسلالم وتكسية الجدران والأرضيات ، ويمكن استخدام كسر الجرانيت كركام للخرسانة ولكنه باهظ التكاليف .

وينتشر الجرانيت فى مصر فى أسوان وجنوب سيناء وجنوب الصحراء الشرقية ، ويوجد بكميات قليلة فى الصحراء الغربية .

وأهم محاجر الجرانيت فى أسوان اثنان أحدهما على مسافة كيلو متر واحد جنوب المدينة حيث توجد المسلة التى لم يتم اقتطاعها ، والثانى يقع على الجانب الشرقى من الهضبة . على أنه توجد محاجر صغيرة فى جزر الفنتين وسهيل وباجه وسلوجه وجزيرة أنس الوجود التى غطتها مياه خزان أسوان .

وقد ذكرت محاجر أسوان والفنتين والمحاجر التى عند الشلال الأول فى الوثائق القديمة منذ الأسرة السادسة ، يضاف إلى ذلك محجر فى مكان يدعى " أبهت " يقع بجوار جزيرة الفنتين .

هذا وقد أستغل القدماء المصريين محجر الجرانيت الأحمر فى وادى الفواخير وهو جزء من وادى الحمامات يقع على الطريق بين قنا والقصير .

٤- الدايوريت Diorite:

صخر جوفى ، متوسط *، إذ لا تزيد فيه نسبة السيليكا من ٥٧% ويتكون أساسا من : معدنى البلاجيوكليز والهورنبلند بالإضافة الى احتوائه على معادن الاباتيت والسيفين ، وأكاسيد الحديد ،وقد يحتوى على معادن: البيوتيت ، والكوارتز ، والأرثوكليز ،وبلوراته واضحة ،ولونه أسود مخضر أو رمادى مخضر يميل إلى الزرقة وذلك يرجع الى وجود البلاجيوكليز. وثقله النوعى ٢,٨ فى المتوسط ، وهو صخر صلد قوى مقاوم للاحتكاك.

وقد استخدم الدايوريت فى صناعة الأوانى ، واللوحات، والفازات، والتماثيل منذ بداية العصور الفرعونية. فقد استخدم منذ بداية الأسرات فى صناعة رؤوس الدبابيس والكئوس والأواني وأحيانا فى عمل اللوحات الصغيرة ، ونحت الملك خفرع من هذا الصخر تماثيله الستة المشهورة بالحجم الطبيعى، و لم يسبقه ملك آخر فى اقامة تمثال بالحجم الطبيعى من الدايوريت كما لم يفعلها ملك آخر بعده، ولم يبق من هذه التماثيل الستة تمثال سليم إلا التمثال المحفوظ بالمتحف المصرى.

* الصخور المتوسطة : هى الصخور التى تتراوح فيها نسبة السيليكا بين ٥٢ -٦٦ % من جملة وزن الصخر .

ويوجد الدايوريت جنوب الصحراء الغربية ، قرب توشكى ، كما يوجد في وادى سمنة بالصحراء الشرقية ، وقد استغل محجر وادى سمنة فى العصر الرومانى ، ويستغل الدايوريت فى العصر الحديث فى رصف الطرق إما فى صور كسر أو ترابيع صغيرة وذلك لقدرته على مقاومة الاحتكاك.

٥- البازلت Basalt:

صخر بركانى قاعدى* إذ تصل نسبة السيليكا فيه الى ٤٩%

ويتكون البازلت أساسا من : البلاجيوكليز والأوجيت والأوليفين . ويتميز البازلت بلونه الأسود الداكن ، وتكثر فى سطحه الفراغات والثقوب نتيجة لتصلبه فوق سطح الأرض وانحباس بعض الغازات في مواد الصخر أثناء عملية التبلور. ويطلق على البازلت الذى يتميز سطحه بتلك الفجوات اسم البازلت اللوزى أو Amygdales.

ويرجع اللون الأسود الداكن لصخر البازلت ، إلى وجود معدن الحديد ومركباته التى تمثل الطبقة السوداء المصقولة الخارجية.

---

* الصخور القاعدية : هى تلك الصخور التى تتراوح نسبة السيليكا فيها من ٤٠-٥٢ % من جملة وزن الصخر .

وبلورات البازلت دقيقة جدا لا يمكن رؤيتها إلا بالميكروسكوب، وقد يبدو ذو نسيج زجاجى Glassy نظرا لتكون بلوراته عند التبريد الفجائى السريع للطفوح البركانية (Lava).

وعند تعرض صخر البازلت فى الطبيعة إلى عوامل التعرية يتشقق ويتفتت على شكل أعمدة سداسية الجوانب Hexagons.

وصخر البازلت صلد ، مقاوم للتآكل ، وثقله النوعى ٢,٩ فى المتوسط.

وقد استخدم البازلت على نطاق واسع خلال الدولة القديمة فى رصف الطرق والممرات فى المعابد الجنائزية، مثل المعبد الجنائزى الملحق لهرم خوفو الأسرة الرابعة ، وان كان قد قل استخدامه فى العصور التالية.

وهناك مصدران للبازلت على الجانب الغربى للنيل أحدهما عند أبى رواش بالجيزة والثانى قرب منخفض الفيوم .

والظاهر أن البازلت الذى كان يستعمل فى الجبانة الممتدة من الجيزة إلى سقارة قد جلب من الفيوم ، إذ ليس هناك أدله على أن محاجر بازلت أبو رواش قد استعملت قديما ، هذا بالإضافة إلى أن نوع البازلت الذى استخدم فيها يقرب من النوع الموجود فى الفيوم .

ويستخدم البازلت حاليا فى رصف الطرق، ويمكن اســتخدام كسره فى أعمال السكك الحديدية تحت الفلنكات وبينها ، كما يستخدم كركام فى الخرسانة ومحاجره الرئيسية قرب أبى زعبل.

٦- الرخـــــام Marble:

صخر متحول بالحرارة والضغط ويعظــم تكوينــه خــلال عمليات التحول الاحتكاكى والاقليمى . ويتكون أساسا من معـــدن الكــالســيت أو معدنى الكالسيت والدولوميت ، وذلك حــسب مــا يحتويه الحجر الجيرى الأصلى من معادن . ويتميز الرخام بنــسيج حبيبى متوسط أو دقيق، وتتوقف أحجام الحبيبات على طول الفتــرة الزمنية التى تمت فيها عمليات التحول التدريجى .

والرخام صخر صلد، سهل التشغيل ،ولونه أبيض ناصع إذا كان نقيا ، وقد تتعدد ألوانه تبعا للشوائب الموجودة به مثال ذلك:

- **الرخام الأحمر** : تبعا لارتفاع نسبة الهيماتيت فى الصخر.
- **الرخام الأصفر أو البنى:** تبعا لارتفاع نسبة الليمونيت فى الصخر.
- **الرخام الأخضر:** تبعا لارتفاع نسبة المواد الفحمية فى الصخر.

وقد تتمثل فى الرخام رواسب معدنية كريمة ، مثل : العقيــق (Garnet) والياقوت الأحمر (Rubies) وإذا تحول الرخام عن صخور جيرية حفرية فان الحفريات تكسب الرخام الناتج ألوانا جميلة زاهية بعد تحولها بالحرارة والضغط الشديدين.

ويستخدم الرخام فى تبليط الأرضيات وكسوة الجدران، ونظرا لمقاومته الاحتكاك يستعمل كدرج للسلالم كما أن كسر الرخام يستخدم فى عمل البلاط.

وقد ثبت استخدام الرخام فى مصر منذ عصر الأسرة الثامنة عشر فى صناعة التماثيل، ومن أمثلة ذلك: تمثال الملك تحتمس الثالث وهو تمثال صغير منحوت من رخام أبيض مجزع تجزيعا رماديا محفوظ الآن فى المتحف المصرى . وعدد من التماثيل الكبيرة فى معبدى الأقصر والكرنك، كما استخدم الرخام فى العصر الرومانى فى صناعة التماثيل أيضا، وشاع استخدام الرخام فى المبانى الأثرية التى ترجع الى العصر الإسلامى، خاصة فى تبليط الأرضيات وكسوة المحاريب وأحواض الأسبلة وفى صناعة النافورات وأعمدة الايوانات ... الخ .

ويوجد الرخام فى مناطق متعددة فى مصر فى الصحراء الشرقية، فى وادى الديب فى موقع قريب من ساحل البحر الأحمر، وفى وادى المياه شرق إسنا، كما يوجد فى بنى شعران بمنفلوط ، وفى جبل عتاقة بالقرب من السويس أيضا يوجد الرخام بالقرب من القاهرة فى أبى رواش.

٧- الكوارتزيت :Quartizite

الكوارتزيت صخر متحول بالحرارة عـن صـخر الحجـر الرملى وغالبا ما يتكون هذا الصخر من حبيبات الكوارتز التى أعيد تبلورها مرة ثانية أثناء عملية تحول الصخر الأصلى ، أى أنه حجر زملى سيليسى Silicified واذا كان الصخر الأصلى يحتوى على مواد شائبة أخرى غير الكوارتز، فإنه ينتج عنها معادن جديدة أثناء عملية التحول كان يتواجد البيوتيت فى الصخر المتحول نتيجة لوجود الطين فى الصخر الأصلى أو أن يتواجد الماجنتيت نتيجة لوجـود أكاسـيد الحديد كمادة لاحمة فى الصخر الأصلى.

وصخر الكوارتزيت صخر صلد، متماسك ، ذو نسيج حبيبى دقيق وقد يكون خشنا فى بعض الأحيان . ولونه أبيض أو ضـاربا إلى الاصفرار، وقد يكون على درجات شتى من الاحمرار.

واستخدم صخر الكوارتزايت فى أعمال البناء منـذ عـصر الأسرة السادسة، حيث استخدم لعمل أعتاب عدة مداخل فى معبد هرم تتى بسقارة وفى تبطين حجرات الدفن بهرم هواره من عهد الأسـرة الثانية عشرة.

كما ثبت استخدام صخر الكوارتزيت فى صـناعة التماثيـل والمسلات منذ عهد الأسرة الثانية عشرة. ومن أمثلة ذلك تمثال الملك

تحتمس الرابع " الأسرة ١٨" ومسلة الملك سيتى الأول " الأسرة ١٩ " التى لم تقطع بالكامل، وتوجد فى محجر للكوارتزيت غرب مدينة أسوان.

وصخر الكوارتزيت يوجد بالقرب من القاهرة خصوصا فى الجبل الأحمر، ومحجر الجبل الأحمر والأحجار التى كانت تقطع منه جاء ذكرها كما يقول " بارون " مرات عدة فى الوثائق القديمة ، ولعل وجود مصدر الكوارتزيت فى الجبل الأحمر شمال شرق القاهرة هو الذى شجع على استخدامه إلى حد ما زمن الدولة القديمة نظرا لقربه من منف . كما يوجد فى الصحراء الغربية فى منخفض وادى النطرون . أيضا يوجد بالقرب من تلال الحجر الرملى النوبى شمال أسوان شرق النيل كما وجد فى سيناء .

٢- محاجر الأحجار وطرق استخراجها وإعدادها للبناء :

تتركز الأحجار المستخرجة من المحاجر فى القطر المصرى فى المناطق الآتية :

١- محاجر الإسكندرية وضواحيها :

وتوجد فى المكس والدخيلة والعجمى أحجار جيرية ضعيفة تتحلل بالعوامل الجوية عند تعرضها للحرارة والبرودة ومياه المطر، ولذلك يجب صيانتها دائما بالبياض الخارجى مع عزلها عن الرطوبة بالمواد العازلة وذلك فى حالة استخدامها فى البناء .

وفى منطقة العلمين يوجد نوع آخر من الحجر الجيرى أفضل كثيرا من أحجار المحاجر المذكورة نظرا لصلابته وشدة مقاومته للعوامل الجوية.

٢- محاجر منطقة السويس وضواحيها:

توجد فى السويس وجنيفه وجبل عتاقه أحجار جيرية لونها مائل للاصفرار ومن نوع جيد يقاوم العوامل الجوية.

٣- محاجر القاهرة وضواحيها :

توجد فى القاهرة مناطق غنية بالأحجار الجيرية والطباشيرية لوجود سلسلة جبال المقطم، وأشهر محاجرها هى محاجر الدويقة بجوار الجبل الأحمر بالعباسية، ومحاجر الجيوشى بجوار مسجد الجيوشى، ومحاجر البساتين بالقرب من المعادى، ومحاجر أثر النبى فى مصر القديمة، ومحاجر بطن البقرة، ومحاجر طره والمعصرة بحلوان، ومحاجر هضبة الجيزة وسقارة وأبى رواش . كذلك محاجر أيو زعبل يستخرج منها حجر البازلت، ومحاجر الجبل الأحمر يستخرج منها الحجر الرملى والكوارتزيت .

٤- محاجر الوجه القبلى :

وأشهرها محاجر أسوان للجرانيت ومحاجر بنى سويف لاستخراج المرمر، ومحاجر الحجر الجيرى فى تل العمارنة بالمنيا

وفى جبل القرنة بالأقصر . ومحاجر الحجر الرملى والكوارتزيت فى جبل السلسلة وادفو . ومحاجر الرخام فى المنيا وأسيوط وسوهاج .

٥- محاجر شبه جزيرة سيناء :

توجد فى سيناء مناطق كثيرة غنية بالأحجار المختلفة ولهـا صفات تميزها عند الاستعمال خاصة محاجر الرخام والجرانيت .

٣- استخراج الأحجار:

لقد عرف المصرى القديم كيف يستخرج الأحجار من أماكنها الطبيعية بمواصفات تتناسب مع الغرض المقطتعة من أجله ، وكان من الطبيعى ألا تنتشر صناعة قطع الأحجار إلا بعد معرفة المعادن وصناعة الآلات ، التى بواسطتها يسهل قطع الأحجار الصلبة ومن أجل ذلك لم يستعمل المصرى فى بادئ الأمر الأحجار للمبانى بل كان يستعمل الطوب اللبن .

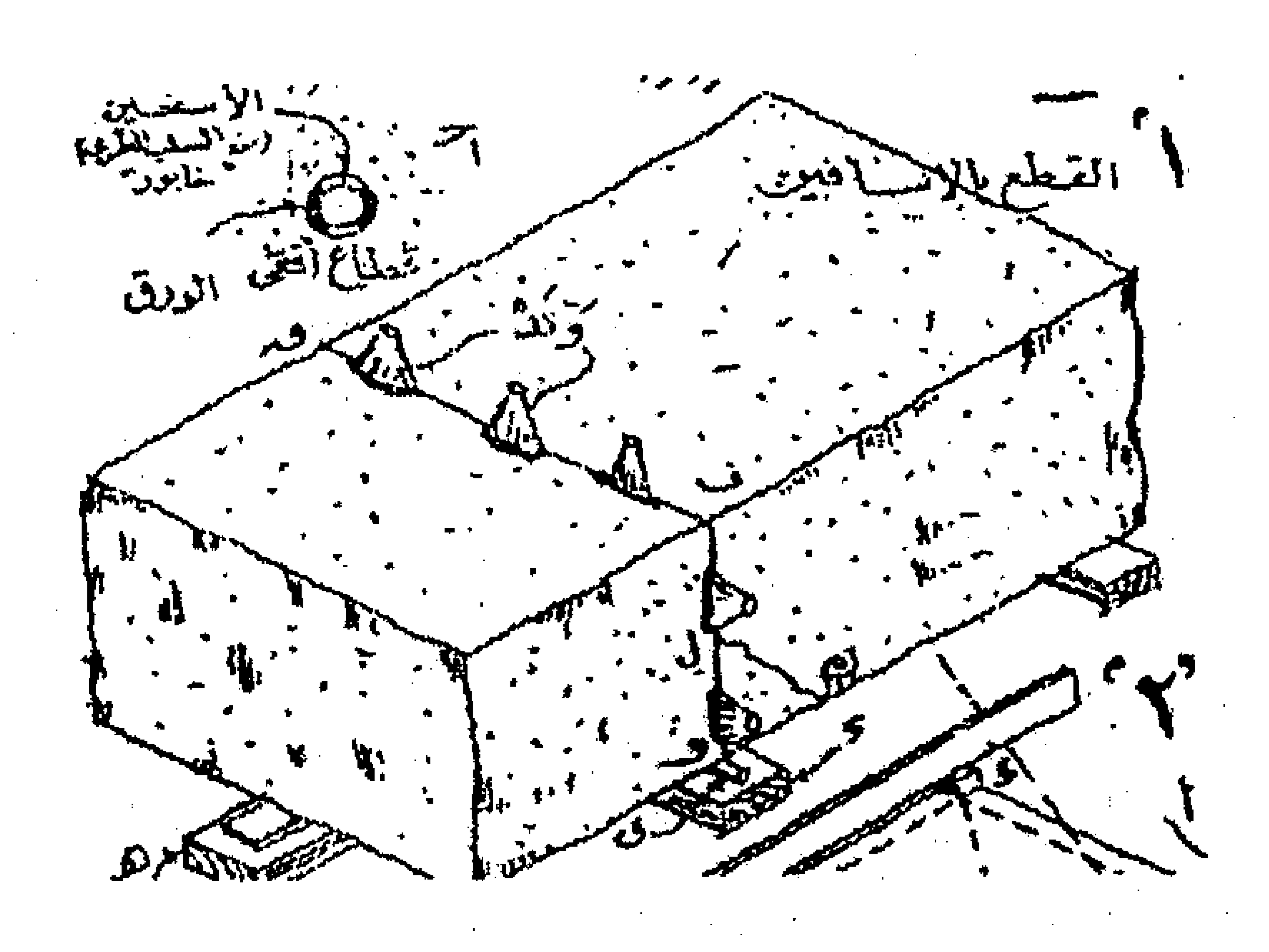
أما الأحجار التى كانت تستعمل فى عصر ما قبل الأسرات لعمل الأوانى ؛ فإنها كانت قطع من الصخور التى فصلتها الطبيعـة بمؤثرات العوامل الجوية ، و بفعل تآكل المياه، ولا تزال قطع مـن الجرانيت فى أسوان مفصولة عن الصخرة الأصلية تشهد بذلك . أما طريقة قطع الأحجار بالآلات التى كان يستعملها الإنسـان فـيمكن استنباطها من أماكن التحجير القديمة التى لا تزال باقية إلى الآن فى منطقة أسوان.

كان قطع الأحجار السهلة اللينة كالمرمر والحجر الجيرى، والحجر الرملى يتم بفصل الكتلة المرغوب فى قطعها عن الصخر الأصلى، وذلك بأن تحدد الجوانب الأربعة للكتلة بأخاديد "شجوج" تقطع فى الصخر ثم يفصل الوجه الأسفل بفعل أسافين أو خوابير خشب مبللة بالماء ، انظر الشكل رقم (٣) . والآلات التى كانت تستعمل بداية فى عمل الحفر أو الأخاديد هى أزاميل أو مناقير من النحاس حتى الدولة الوسطى حينما ظهر البرونز ؛ إذ حلت محلها وقتئذ آلات من البرنز؛ ومن ثم كان الاثنان يستعملان جنبا لجنب، وكذلك كانت تستعمل مدقات من الخشب ومطارق من الحجر. انظر الشكل رقم (٤) .

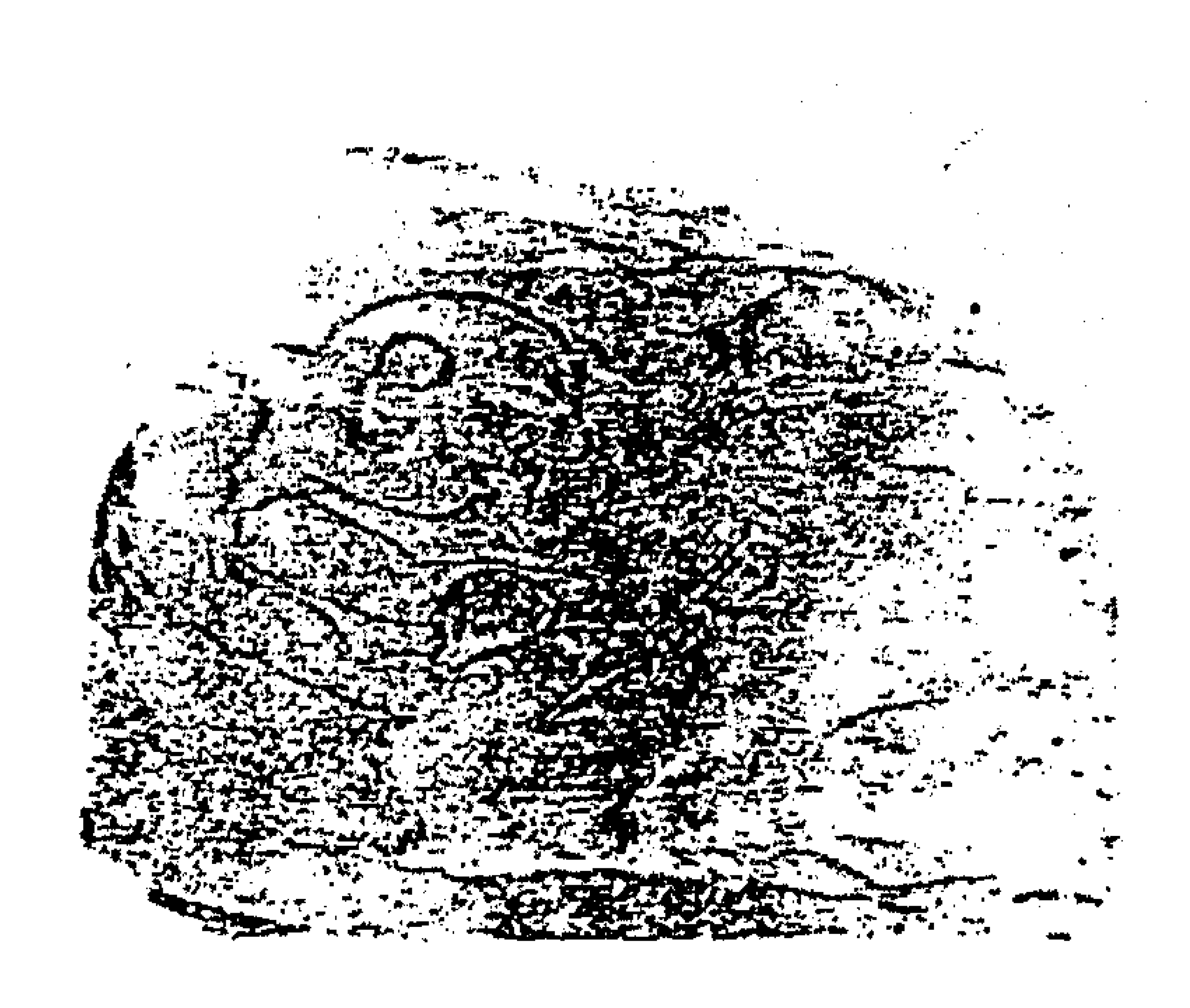
ويذكر " سميح عافية " أن الأحجار الجيرية وغيرها من الأحجار غير الصلبة مثل الحجر الرملى العادى والألابستر تقطتع بطريقة متعارف عليها ، فكانت الأوجه العمودية تقطتع بمساعدة أدوات معدنية وكان إخلاء الوجه الأسفل يتم بمساعدة دق مجموعة أسافين خشبية ، وبذلك كان يتم الحصول على كتل منتظمة الشكل فى موقع الجبل مباشرة .

وكانت المحاجر مكشوفة للسماء فى مناطق الهضبة الغربية للنيل فى ما بين الجيزة ومشارف الفيوم ، وكذلك فى منطقة بنى

حسن ، أما جهة طره والمعصرة فكان التحجير فيها يتم تحت الأرض وفى هذه الحالة الأخيرة كانت تقتطع الأوجه الثلاثة العمودية وهى الأمامية والجانبيتان بأقصى عمق ممكن ، ثم تقتطع بعد ذلك من أعلى الواجهة



شكل رقم (٣) يوضح عمليات التحجير



شكل رقم (٤) يوضح عامل فرعونى يقطع الأحجار

حجرة أفقية ارتفاعها حوالى متر وامتدادها أفقيا بحسب الأبعاد المطلوبة ومنها يقطع السطح الرأسى الخلفى .

ويلاحظ أن حجم كتلة الحجر الجيرى التى يتم إخلاؤها بهذه الطريقة من أوجهها الخمسة تكون من الضخامة بحيث يقتطع منها فى المرحلة التالية الكتل الأصغر حجما بالأبعاد المطلوبة ثم يتم فصلها .

وقد كانت طباقية هذه الأحجار تساعد على فصلها بالأسافين أفقيا، كما أن الشقوق الرأسية تحدد أحجام الكتل السليمة وتساعد على فصلها رأسيا .

وعند قطع الكتل الكبيرة من الحجر فإن المسافات التى تترك بين السطوح الرأسية للكتلة وبين الأحجار المجاورة غالبا ما تكون ضيقة لا تتجاوز ١٠-١١ سم ، ويتأتى هذا باستخدام رأس شاكوش نحاسى ذى حافة مدببة مركب على يد خشبية طويلة ، أو باستخدام أسافين نحاسية طويلة ، وقد عثر فى محاجر الجبلين فى قنا على أسفين نحاسى طوله حوالى ٥٠سم .

وكانت كتل الحجار المقطوعة تزحزح وتنقل من أماكنها باستخدام عروق خشبية وزحافات يجرها فى الغالب مجموعة من الرجال أو الثيران.

أما قطع الأحجار الصلبة فلم يبدأ فيه إلا فـــى عهــد الدولـــة الوسطى عندما أخذ المصريون فى قطع الكتل الــضخمة الطويلـــة لصنع المسلات والتماثيل الهائلة. أما قبل ذلك فإنهم كــانوا يــسدون حاجاتهم من القطع التى فصلتها الطبيعة لهم ، وهى التـــى لا تــزال باقية إلى الآن فى منطقة أسوان وقد أخذ منها بعض الأحجار اللازمة لبناء خزان أسوان . وقد درس بعض المهندسين المعماريين طريقـــة تحجير الجرانيت والكورتزايت ، ويقال أن الجرانيت كــان يفــصل بالدق بكرات من الديوريت " مطارق كورية الــشكل ".وباســتعمال الخوابير التى كانت تجهز بواسطة آلات من المعدن ، و كذلك كـــان يستعمل أسلوب الدق والخوابير فى قطع الكوارتزايت مع اســتعمال آلة أخرى ربما كانت معولا .

وبصفة عامة استخدم قدماء المصريين فى التحجيــر وفـــى البناء أدوات من النحاس وقلة من أدوات من الحديد النيزكى وأدوات من الصوان ، كذلك استخدموا مطارق من كتل من أحجار الكوارتز والدايوريت ، واستعانوا بعروق من الخشب لتعتيل وزحزحـــة كتــل الأحجار، كما استعانوا بالزحافات والأسطوانات الخشبية لنقلها ، وقد استطاعوا بذلك نقل كتل تزن الواحدة منها ٨-١٠ أطنان فى المعتاد وقد تصل أحيانا إلى ٢٥ طنا .

وفى العصر الحديث تقطع الأحجار فى المحاجر باستعمال الأسافين الحديدية والعتل لفصل الكتل الكبيرة من الأحجار من بطن الجبل ثم تقسيمها إما بالمناشير اليدوية أو الميكانيكية إلى أحجار بنائية ذات مقاسات هندسية تسمى أحجار " بلوكات" ، وقد تصقل أسطح بعض هذه الأحجار وخصوصا الصلبة منها بواسطة ماكينات الصقل الميكانيكية .

أما الطريقة الأخرى لقطع الأحجار فتتم بعملية النسف بالألغام وتستعمل هذه الطريقة عموما فى قطع الأحجار للحصول على قطع صغيرة ذات مقاسات غير منتظمة وتسمى أحجار " دبش " يستعمل بعض منها فى البناء والآخر يستعمل فى أعمال الخرسانة ورصف الطرق .

٤- إعداد الأحجار للبناء :

بعد مرحلة استخراج الحجارة من محاجرها تبدأ عملية إعدادها للبناء وذلك بعد تقطيعها إلى قطع صغيرة نسبيا يمكن رفعها باليد لوضعها على الجدران مثلا ثم ضبطها بحيث يكون أحد أوجهها ظاهرا للعين .

ويتم إعداد الأحجار للبناء بطريقتين :

١-الطريقة اليدوية   ٢ - الطريقة الآلية

١-الطريقة اليدوية :

يصير تجهيز الحجر أو إعداده للبناء فى العصر الحديث بعد قطعة بإزالة الزوائد فى سطوحه وأحرفه ويتم ذلك باستعمال أدوات كثيرة للنحت والتشكيل نذكر منها :

- البوشرده	Bush Hammer
- الشاحوطه	Separated pick
- الدبوره	Scabbling Hammer
- المرزبه	Spall Hammer
- الأزميل	Point
- الزنبه	. Punch
- المشط	Comb

وينتج عن عملية تجهيز الحجر بهذه الأدوات حجوم كثيرة من الحجر أطلق عليها مسميات معروفة لدى أهل الصنعة نذكر منها :

١-**الكلفة** : وهى القطع الصغيرة من الحجر التى تنشأ من كسر وقطع وتسوية الأحجار البنائية فى محل الشغل .

٢-**الدقشوم** : وهى الأحجار الصغيرة التى يقل قطر أكبر جزء فيها عن ٢٠ سم .

٣- **الدبش** : وهى الأحجار غير المنتظمة الشكل والحجم، وتكون بحالتها الطبيعية بعد فصلها من القطع الرئيسية، وتسمى: الدبش الغشيم ... والدبش الغشيم إما دبشا "عجاليا" وهو دبش ذو حجم كبير . أو دبشا " حلوانيا " وهو دبش صغير لا يزيد قطر أكبر جزء منه عن ٢٠ سم.

والدبش الغشيم إذا سوى وشكل وصنع منه أحجار بمقاسات مختلفة سمى تبعا لذلك بأسماء كثيرة منها: الحجر النحيت أو الفص النحيت والبطيح والثلاثات والأربعات والمروم والمضلع والبلدى ... إلخ.

٤-**حجارة الآلة** : وهى أكبر الأحجار فى المقاس وكانت تسحب من الجبل على عجلات تجرها العجول، من هنا سميت حجارة عجالى، وتكون أولا غشيمة وتسمى " كتلا " وإذا نحتت وهذبت تسمى " حجارة عجالى " أو "حجارة دساتير" أو " أحجار الدستور " أو " أحجار النحت " أو " البلوكات " والأخيرة تنتج حاليا فى العصر الحديث، وتأخذ شكل متوازى المستطيلات، ونظرا لقطعها يدويا أو بماكينة فبعض منها يكون غشيم السطح أو الزوايا لكن من السهل تهذيب سطحه الخارجى بأشكال مختلفة باستخدام المشط أو الشاحوطه .

وفيما يلى مقاسات وأسماء بعض الأحجار :

- حجر عجالى كبير : ١٦٠× ١٤٥× ٣٥ سم .
- حجر عجالى صغير: ٩٠×٦٥× ٣٥ سم ، أو ٦٠× ٣٠×٢٠ سم.

- حجر دستور : ١٢٠× ٢٥ × ٢٥ سـم، أو ٥٥× ٣٥× ٣٠ سم ، أو ٦٠× ٣٠× ٣٠سم .
- حجر تلاتات : ٦٠× ٣٠× ٢٠سم ،أو ٥٥×٣٠× ٢٠سم .
- حجر تلاتات عاده : ٥٠× ٣٠×١٨سم .
- حجر تلاتات بناوى : ٦٠× ٢٥× ٢٠ سم .
- حجر أربعات : ١٢× ١١× ٤٠ سم .
- حجر أثنى عشر : ٥٠× ٢٥× ١٠ سم .
- حر بطيح : ٦٠× ٣٠× ٢٠ سم .
- حجر درابزين : ٧٠×٦٠× ٣٠ سم .
- حجر ترابيـع حجـارى: ٥٥×٣٠ × ١٥سـم، أو ٥٠×٥٠× ١٥سم .
- بلاط أرضية معصرانى: ٥٠× ٥٠× ٤ سم .
- درج منحوت : طول الدرجة × ٢٠× ٢٥ سم .

٢-الطريقة الآلية :

هناك أربع مراحل مختلفة لتحضير وتجهيز أحجـار البنـاء بالطريقة الآلية حيث توجد معدات خاصة لإنهاء كل مرحلة من هذه المراحل :

١- المنشار المستطيل :

يستخدم فى تقطيع بلوكات الحجر المجلوبة من المحجر على شكل طبقات متساوية السمك. ويتكون المنشار المستطيل من هيكل حديدى مستطيل الشكل مثبت بصورة أفقية يحتوى على عدد من الشفرات الفولاذية المستقيمة أو المتعرجة يتراوح عمقها بين ٧٥- ١٥٠ مم وسمكها ٦ مم وطولها يتراوح بين ١٨٠٠-٤٥٠٠ مم، يتم تركيبها بحيث تكون متوازية فيما بينها كما أن بالإمكان تغيير المسافات فيما بينها حسب الحاجة. إما إدارته وتحريكه فتتم بواسطة الطاقة الكهربائية وبحركة متتالية إلى الأمام وإلى الخلف وبسرعة تتراوح بين ١٥٠-١٨٠ ضربة فى الدقيقة. علما بأن القطع الحجرية يتم وضعها فوق مصطبة متحركة بحيث يكون موقعها تحت هيكل المنشار مباشرة بعد تركيب الشفرات وحسب المسافات المطلوبة يتم بعدها إنزال المنشار فوق الحجارة ثم يبدأ المنشار بالحركة حيث تبدأ الشفرات فى تقطيع الحجارة تدريجيا بواسطة عملية الضغط الثابت إلى الأسفل، وعند اكتمال قطع الحجارة يرفع المنشار لتنقل بواسطة المصطبة المتحركة إلى أماكن تجميعها .

إن المنشار المستطيل يعتبر من أحسن الطرق المتبعة فى تقطيع الحجارة الصلبة كالرخام والمرمر، أما سرعة عمل هذا

المنشار فإنها تعتمد على صلابة ومتانة الحجارة حيث تكون بمعـــدل ١٥٠ سم/ ساعة هذا بالنسبة للحجارة الصلبة أما بالنـــسبة للحجـــارة اللينة نسبيا فإن سرعته تكون ٣٠ سم / ساعة .

٢- المنشار الدائرى :

يستعمل المنشار الدائرى بعد عملية الانتهـــاء مـــن تقطيـــع الحجارة الكبيرة وعلى شكل طبقات متساوية السمك بواسطة المنشار المستطيل بعدها يتم تقطيعها إلى أشكال متوازى المستطيلات لكـــى يمكن استعمالها بسهولة فى العمليات البنائية، ويوجد نوعان رئيسيان من آلة المنشار الدائرة ينسبان إلى نوع المادة التـــى تـــصنع منهـــا المناشير وهما :

أ- المنشار الدائرى المصنوع من الماس :

يتكون هذا المنشار من دائرة فولاذيـــة قطرهـــا ١٥٠٠مـــم وسمكها ٥مم يركب فيها قطع صغيرة من الماس عددها ٢٤٠ قطعة حول حافة الدائرة بواسطة قفائص صغيرة، وبعد الانتهاء من عملية تركيب هذه القطع يصبح المنشار جـــاهزا للعمـــل بعـــد توصـــيله بالكهرباء، حيث يقوم بالدوران بسرعة تتـــراوح بـــين ٥٠٠-٦٠٠ دورة/ دقيقة ، علما بأن تركيب هذه المناشير يتم بـــصورة عموديـــة حيث يتم دفع القطع الحجرية المراد تقطيعها باتجاه المنشار وبسرعة

منتظمة بعد وضعها فوق مصطبة حديدية متحركة. أما سرعة قطع الحجارة فإنها تعتمد على القوة الحصانية التى تدير آلة المنشار وعلى قوة وصلابة الحجارة .

ب-المنشار المصنوع من الكربوراندم :

إن عمل هذه المناشير مشابه لعمل المنشار الدائرية المصنوعة من الماس، ولكنها تختلف عنها باحتوائها على حلقة مستمرة من الكربوراندم تحيط بالحافة الخارجية للدائرة التى يتكون منها المنشار وبعرض ٥٠مم، أما سرعته فى تقطيع الحجارة فإنه تساوى نصف سرعة القطع بالنسبة للمنشار الدائرة الماسى، ولكنه يفضل على الأول نتيجة للدقة التى يعطيها أثناء عملية القطع، حيث يعطى حافات حادة ودقيقة للقطع الحجرية، ولتقليل درجة حرارة القرص الفلاذى التى ترتفع أثناء عملية الدوران والقطع يجهز المنشار بالماء خلال قيامه بالدوران وعملية القطع لتبريده .

٣-التعديل والتسوية :

بعد الانتهاء من عملية تقطيع الحجارة حسب الحجوم المطلوبة يلاحظ فوق أوجهها خطوط القطع بالمنشار التى يجب تعديلها خاصة الأوجه التى تظهر فى وجه الجدار الخارجى حيث يتم صقلها بواسطة آلة خاصة تتكون من مصطبة حديدية دائرية الشكل

يبلغ قطرها ٣٠٠٠مم توضع فوقها الحجارة المقطوعة بحيث يكــون الأوجه المراد تعديلها مواجهة إلى وجه المصطبة بعدها يــتم مــسك هذه القطع بواسطة قفائص من أعلى لمنعها من الحركة، وبعد وضع طبقة من الرمل الخشن أو طبقة من الكربوراندم مع كميات معقولــة من الماء فوق سطح المصطبة يبدأ بعدها تشغيل الماكينة التى تقــوم بتدوير المصطبة فى حركة محورية، ونتيجة لهذه الحركة ووجــود الرمل الخشن يتم تعديل وإزالة آثار خطوط المنشار من وجه القطع الحجرية وصقلها وذلك نتيجة لاحتكاك الحاصل بين وجــوه القطــع الحجرية من جهة وبين طبقة الرمل الخشن من الجهة الأخرى .

أما بالنسبة للزمن اللازم لتعديل وجوه الحجــارة فيبلــغ ٢٠ دقيقة فى حالة كون الحجارة متوسطة القوة، أما إذا كانت الحجــارة من النوع الصلب فإن تعديلها يحتاج إلى فترة زمنية أطول .

٤-الحفر وعمل النقوش :

من الممكن عمل قسم كبير من النقوش والزخارف المعمارية فوق سطوح الحجارة باستعمال الطرق الميكانيكية للوصول إلى الدقة المطلوبة فى عملها . أما عملية الحفر فتتم بواسطة شفرات خاصــة حيث يتم حفر الحجارة بصورة تقريبية باســتعمال الأدوات اليدويــة وبعدها يتم تثبيت شفرات الحفر حسبما يتطلبه العمل بزاوية قــدرها

٤٥ ٥ ، ولا يفضل أن توضع بصورة عمودية، وبعد الانتهاء من تثبيت الشفرات توضع القطع الحجرية تحتها حيث يتم تحريكها إلى الأمام وإلى الخلف بسرعة تتناسب مع قوة وصلابة الحجارة حيث يتم الضغط على هذه الشفرات لحين الوصول إلى الشكل المطلوب لهذه النقوش والزخارف .

٥-اختبار أحجار البناء:

تستخدم الصخور والأحجار - كما سبق الذكر- بصور مختلفة فى إنشاء وترميم المبانى الأثرية وغير الأثرية ، وأيا كان الغرض من استخدام الصخور والأحجار فلابد من اختبار خواصها الطبيعية والميكانيكية لمعرفة أنواعها ومدى جودتها وصلاحيتها للغرض الذى تستخدم من أجله وأيضا ملاءمتها لنوع المنشآت الأثرية ، وذلك يتوقف على شكل الحجر ونوعه ومتانته وكذلك على درجة الحرارة المعرض لها ومدى التغير فيها ، وعلى نسبة الرطوبة فى الجو المحيط ، وعلى مستجدات البيئة خاصة فى ظل التلوث الصناعى الحاصل فى معظم المناطق الأثرية خاصة الكائنة فى المناطق الصناعية أو القريبة منها .

ويلزم عمل الدراسات التالية للأحجار المستخدمة فى البنـــاء أو الترميم سواء كانت فيزيائيـــة أو ميكانيكيـــة وذلـــك قبـــل تقريـــر صلاحيـــــتها للاستخدام فى أعمال البناء أو الترميم،.

وفيما يلي نذكر أهم هذه الدراسات:

١- التفتيش عن الأحجار فى المحجر وذلك لمعرفة مدى الانتظام فى نوعية الأحجار فى مناطق المحجر المختلفة وطباقيتهـــا وشـــكل مرقدها الطبيعى ومدى تأثير العوامل الجويـــة عليهـــا، كـذلك الكميات المنتظر أن يزودنا بها المحجر خاصة إذا ثبت مناسبتها لأعمال الترميم وذلك بعد دراسة الأحجار المستخدمة فى المبانى الأثرية .

٢- التفتيش عن الأججار فى المنشآت الأثرية وذلك لمعرفة مكوناتها ومدى تشابهها مع الأحجار فى المحجر الذى يتم اختياره لتزويد المرمم بالأحجار اللازمة للترميم ، مع دراسة تـــأثير العوامـــل الجوية وظروف الاستخدام على هذه الأحجار ومقدار التفكك فى سطح الحجر والتغير فى لونه وبريقه .

٣- الاختبارات المعملية *على الأحجار المستخدمة فى البناء أو الترميم ، وتتلخص هذه الاختبارات فى إجراء اختبارات ميكروسكوبية وميكانيكية وكيميائية لمعرفة شكل الجزئيات أو البلورات المكونة للحجر ودرجة التصاقها ومتانتها ومقاومتها للكيماويات .

وفيما يلى نذكر بعض الاختبارات الشائعة للأحجار :

أ- اختبار الفحص البصرى للأحجار Visual inspection:

ويجرى هذا الفحص بالعين المجردة أو بعدسة مكبرة على كسر حديث من الحجر ، او بالمجهر على قطاع رفيع من الحجر خاصة أحجار المبانى الأثرية ويتضمن الفحص البصرى مايلى :

- **لون الحجر :** لمعرفة مدى تجانس اللون ، فوجود بقع بالحجر دليل على وجود مواد ضعيفة أو مركبات حديدية أو طينية أو عضوية .
- **نسيج الحجر :** للتأكد من انتظام نسيج الحجر وخلوه من الشروخ والفجوات والشوائب التى تعمل على إضعافه .

* تجرى الاختبارات فى مركز البحوث المتخصصة وفى معامل المواد بكليات الهندسة وغيرها، ولها وسائلها ومعادلاتها الرياضية .

- **بنية الحجر :** لتحديد هل الحجر بلورى كالجرانيت والبازلت والرخام أم حبيبى كالحجر الجيرى والحجر الرملى ، ولمعرفة حجم الحبيبات وانتظامها فى الأحجار الرسوبية وشكل وترتيب البلورات فى الأحجار البلورية .

والفحص البصرى لسطح الحجر يعطى فكرة جيدة عن حالة الحجر وعن سلوكه الإنشائى عند استعماله كمادة للبناء أو مادة لترميم المبانى الحجرية .

ب- اختبار الوزن النوعى Volumetric weight & specific weight :

الوزن النوعى هو وزن وحدة الحجوم من الحجر دون المسام ، أما الوزن النوعى الظاهرى فهو وزن وحدة الحجوم من الحجر بما فيه من مسام ويعبر عنه بالطن /م٣ أو الجرام /سم٣ ويتوقف هذا الوزن على عدة عوامل هى :

- مقدار ما تحتويه وحدة الحجوم من الصخر من مواد صلبة .
- الوزن النوعى للمواد الصلبة الموجودة فى هذا الحجم .
- مقدار ما يوجد من ماء فى الفراغات الموجودة بين حبيبات المادة الصلبة .

جـ- اختبار المسامية Porosity :

تعرف مسامية الحجر بأنها النسبة بين حجم الفراغات في عينة منه إلى الحجم الكلي لهذه العينة .

وتختلف هذه الخاصية في الأنواع المختلفة للصخور والأحجار فهي تقل إلى الحد الأدنى في الصخور النارية مثل الجرانيت والبازلت وتزداد في الصخور المتحولة كالرخام وتزداد أكثر في الصخور الرسوبية كالحجر الرملي .

ولتحديد مسامية عينة من الحجر يتم تحديد حجم ما بها من فراغات، بالإضافة إلى تحديد حجمها الكلي والذي يشمل حجم المادة الصلبة وحجم الفراغات معا

د- اختبار الامتصاص Absorption:

إذا تواجد الماء في فراغات عينة من الحجر فقد يكون هذا الماء حر الحركة داخل هذه الفراغات وقد يكون مقيدا بواسطة قوى التوتر السطحي بحيث لا يستطيع الحركة بداخله ، والحالة الثانية تحدث غالبا إذا كانت مسامية الحجر منخفضة على أن يكون ذلك ناتجا عن صغر أحجام الفراغات ، فإذا غمرت عينة من الحجر في الماء فانها لا تمتص منه القدر الذي يملأ الفراغات الموجودة بها .

ويرجع ذلك إلى أنه عندما تغمر العينة فى الماء فإن جزء من الهواء الموجود بداخل الفراغات ينحصر بها على شكل فقاعات تمنع الماء من أن يشغل جميع فراغات العينة ، وقد يرجع السبب أيضا إلى تواجد كمية من المواد الطينية بداخل الفراغات وعند ملامستها للماء الممتص يزداد حجم هذه المواد ليسد الفراغات ويمنع الماء من أن يملأ الفراغات تماما .

ويجرى اختبار الامتصاص لقياس قدرة الحجر على الامتصاص الطبيعى للماء ، وهذه الخاصية تتناسب طرديا مع مسامية الحجر وتتناسب عكسيا مع قوته ، وبالتالى يعطى هذا الاختبار فكرة غير مباشرة عن مقاومة الحجر للمؤثرات الجوية واجهادات الضغط ومن هذا الاختبار يمكن قياس الخواص التالية :

- **الامتصاص الطبيعى** : وهو النسبة بين وزن الماء الممتص ، نتيجة لغمر الحجر فى الماء لمدة ٢٤ ساعة ووزن الحجر الجاف ، ويعبر عنه كنسبة مئوية .
- **الامتصاص الكامل** : وهو النسبة بين وزن الماء الممتص نتيجة غمر الحجر فى الماء لمدة ٢٤ ساعة ثم غليانه فيه لمدة خمس ساعات أخرى ، ووزن الحجر الجاف ويعبر عنه كنسبة مئوية .

- **المسامية الظاهرية :** هى نسبة حجم المسام المتصلة بالسطح الخارجى للحجر إلى الحجم الكلى للحجر بما فيه من مسام ويعبر عنها كنسبة مئوية .
- **معامل التشبع :** وهو النسبة بين الامتصاص الطبيعى والامتصاص الكامل ، ويعبر عنه كنسبة مئوية .

وفيما يلى جدول يوضح قيم الوزن النوعى الظاهرى والمسامية ونسبة الامتصاص لبعض الصخور الشائعة :

نوع الصخر	الوزن النوعى الظاهرى	المسامية %	نسبة الامتصاص %
الانديزيت	٢,٧٠	٠,٧٢	٠,٢٨
البازلت	٢,٧٥	١,١٠	٠,١٣
الديابيز	٢,٩٥-٢,٨٢	١,٠٠-٠,١٧	٠,٣٨-٠,٠٦
الجابرو	٢,٨٦	٠,٢٩	٠,١٣
الجرانيت	٢,٦٠	١,١١	٠,٤٤
الجرانو ديوريت	حوالى٢,٧٠	حوالى٠,٥٠	حوالى ٠,١٩
سيانيت	حوالى ٣,١٠	حوالى ٠,٧٨	حوالى ٠,٢٧
الحجر الجيرى	٢,٦٧	٢٠-٠,٣	٠,٦٥
الحجر الرملى	٢,٣٥	٢٨-٥	٤,١٢
النيس	٢,٦٦	٠,٧٨	٠,٣٠
الرخام	٠,٦-٠,٢	٠,٦٢	٠,٢٣

هـ- اختبار مقاومة الضغط للأحجار Compressive strength:

عندما يتعرض الحجر إلى أحمال أو قوى خارجية تتوالد فى داخله قوى مقاومة لتلك الأحمال ، وتسمى شدة القوى الداخلية بالإجهاد، والاجهادات أما أن تكون اجهادات شد أو ضغط أو قص أو إجهادات ناتجة عن الالتواء .

وبالرغم من أن الحمل الذى تتعرض له الأحجار أقل بكثير من مقاومتها للضغط إلا أن المقاومة القصوى للحجر تعطى فكرة عن خواص الحجر الأخرى كالمتانة والصلادة ومقاومة التآكل بالاحتكاك .

وتعرف قوة تحمل الحجر للضغط على أنها اجهادات الضغط اللازمة لكسر عينة منه تحت تأثير قوة ضغط محورية بشرط ألا تتعرض جوانب العينة لأى نوع من القوى ، ويعبر عنها بالكيلو جرام/سم٢ أو بالرطل / بوصة مربعة .

وتتوقف قوة تحمل الصخور والأحجار للضغط على التركيب الحبيبى لكل نوع منها فكلما صغرت أحجام الحبيبات المكونة للحجر كلما ازدادت قوة تحمله للضغط ويظهر ذلك فى الأنواع المختلفة للحجر الرملى، والصخور النارية والمتحولة إذا كانت بلوراتها مترابطة كانت أقوى على تحمل الضغط ، أما فى الصخور الرسوبية

فبالإضافة إلى التركيب الحبيبى لها فان قوة المادة اللاحمة تحدد مدى تحمل الصخر للضغط ويظهر ذلك بوضوح فى أنواع الكونجلوميرات والبريشيا والحجر الرملى ، فإذا كانت المادة اللاحمة طينية فإن الصخر يضعف على مقاومة الضغط ، وقد يكون ذلك سببا فى ضعف الحجر الجيرى على مقاومة الضغط إذا تخلل تركيبه طبقات من الطين أما إذا كانت المادة اللاحمة فى الصخر الرسوبى هى الكوارتز أكسبه ذلك أكبر قوة تحمل للضغط إذا قورنت بالأنواع الأخرى من المواد اللاحمة .

<u>وفيما يلي جدول يبين قوة تحمل بعض أنواع الصخور للضغط :</u>

نوع الصخر	قوة تحمل الضغط (كجم/سم٢)
بعض أنواع البازلت ـ الديابيز- بعض أنواع الكوارتزيت	أكثر من ٢٩٠٠
الجرانيت (إذا كانت حبيباته ناعمة) ديوريت بازلت كوارتزيت ، الحجر الجيرى والحجر الرملى إذا كانت حبيباته متلاصقة والمادة اللاحمة قوية	٢٩٠٠ـ١٨٠٠
حجر رملى ، حجر جيرى ، جرانيت (خشن ومتوسط) النيس	١٨٠٠ـ٧٠٠
الحجر الجيرى والحجر الرملى المسامى والطفلى	٧٠٠ـ٢٥٠
الطباشير والحجر الرملى والجيرى (إذا كانت المسامية عالية)	أقل من ٣٥٠

و - مرونة الأحجار Elasticity:

إذا تعرض جسم لاجهادات من نوع معين صاحب ذلك تغير فى شكل هذا الجسم ، فإذا كانت هذه الاجهادات هى اجهادات ضغط نشأ عن ذلك انضغاط فى طول العينة الموازى لاتجاه الاجهادات وانبعاج فى الاتجاهات العمودية عليها . أما إذا كانت الاجهادات هى اجهادات العمودية، والاجهادات وانكمش فى الاتجاهات، واجهادات القص يصاحبها تغير فى الزوايا التى تصنعها الخطوط التى توصل بين نقط معينة من الجسم . والانفعالات هى وسيلة للتعبير عن التغير الذى يطرأ على شكل الجسم المعرض للاجهادات . ودائما يصاحب كل اجهادات من نوع معين انفعالات من نفس النوع وعند تخلص الجسم من القوى الخارجية الواقعة عليه فقد يصاحب ذلك أن يستعيد الجسم شكله الأصلى أو أن يستعيد فقط جزءا من التغير الذى طرأ عليه عند تعرضه لهذه الاجهادات .

والجسم المرن هو الجسم الذى يستعيد كل تغير طرأ عليه تحت تأثير نوع معين أو عدة أنواع من الاجهادات عند إزالة هذه الاجهادات على أن يكون ذلك لحظيا فى نفس الوقت الذى تزال فيه الاجهادات .

والصخور عامة لا تتبع هذا التعريف للمواد المرنة حرفيا ، فعند تحميل عينة منها بحمل معين يتبع ذلك تغير في أبعادها أو شكلها وعند إزالة هذا الحمل فإن العينة تستعيد جزءا من هذا التغير ويبقى الجزء الآخر فإذا أعيد تحمليها مرة ثانية بنفس القدر فانها تعود إلى الشكل الذى اتخذته بعد التحميل الأولى، وعند إزالة الحمل ثانية فانها تأخذ نفس الشكل الذى كانت عليه عند إزالة الحمل الأول وبتكرار التحميل إلى نفس القيمة ثم إزالته نجد أن العينة ينحصر مجال التغير الذى يطرأ عليها فى الحدود التى حددتها دورة التحميل وإزالة التحميل الأولى أى أنه يمكن القول أن العينة تكتسب صفات المواد المرنة بعد الدورة الأولى من التحميل والإزالة، ويجب أن نذكر على وجه التحديد أن الحمل المشار إليه فيما سبق يكون دائما أقل من الحمل اللازم لإحداث تشققات أو أسطح انهيار فى الصخر .

ز- اختبار التزهير أو التمليح Efflorescence:

التزهير هو ظهور بقعة ملحية على سطح الحجر بعد تشربه بالماء ثم جفافه وغالبا ما يحدث التزهير فى الأحجار نتيجة امتصاص الأحجار للأملاح الذائبة من التربة أو الوسط المحيط بها ثم جفاف المياه إذ يندر أن يوجد أملاح زائدة فى تكوين الحجر .

وقد تتبلور الأملاح داخل الفراغات البينيـــة للبلـــورات فـــى الأحجار فيما يعرف بظاهرة التبلور Crystallization والأخيرة تولـــد قوى ميكانيكية داخل الفراغات تعمل على تفتيت الأحجار .

حـــ- اختبار التبقيع Staining:

التبقيع هو : ظهور بقع ملونة على سطح الحجر، وتحدث هذه الظاهرة للأحجار التى تحتوى على مواد عضوية مثل بعض أنـــواع الحجر الجيرى عند استخدامها فى البناء، وسبب ذلك يرجـــع إلـــى الأملاح التى تتكون نتيجة امتصاص الأحجار لمحاليل قاعدية، غالبا من المونة والتربة والمياه الأرضية وتفاعلها مع المـــواد العـــضوية الموجودة بالأحجار .

ى-اختبار مقاومة الأحماض Acids resistance:

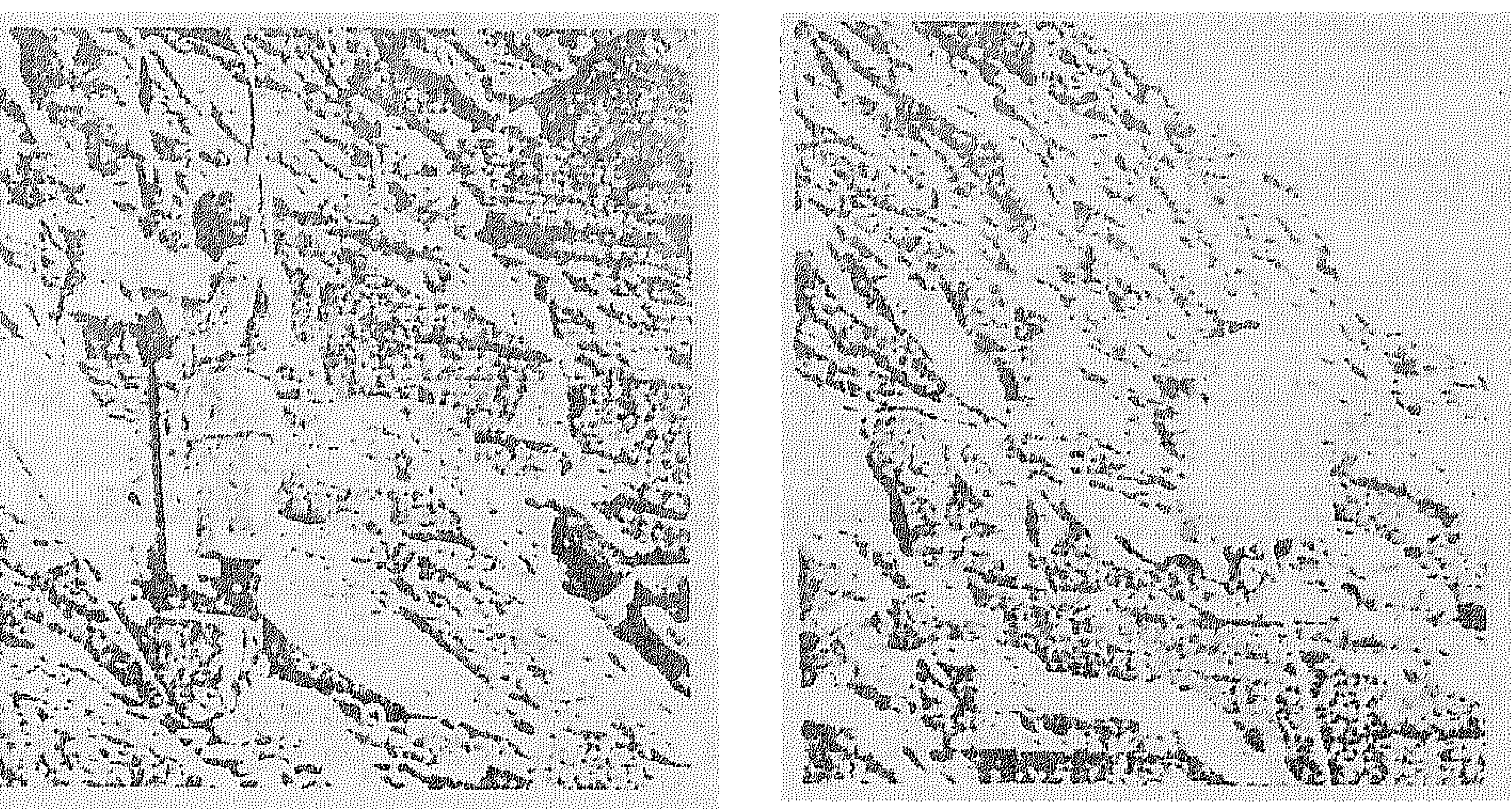
تتفاوت الأحجار فيما بينها فى درجة تأثرها بالأحمـــاض، إلا أنها على العموم تحول الأحجار إلى مركبات ضعيفة البنية هشة قابلة للتفتت والذوبان فى الماء .

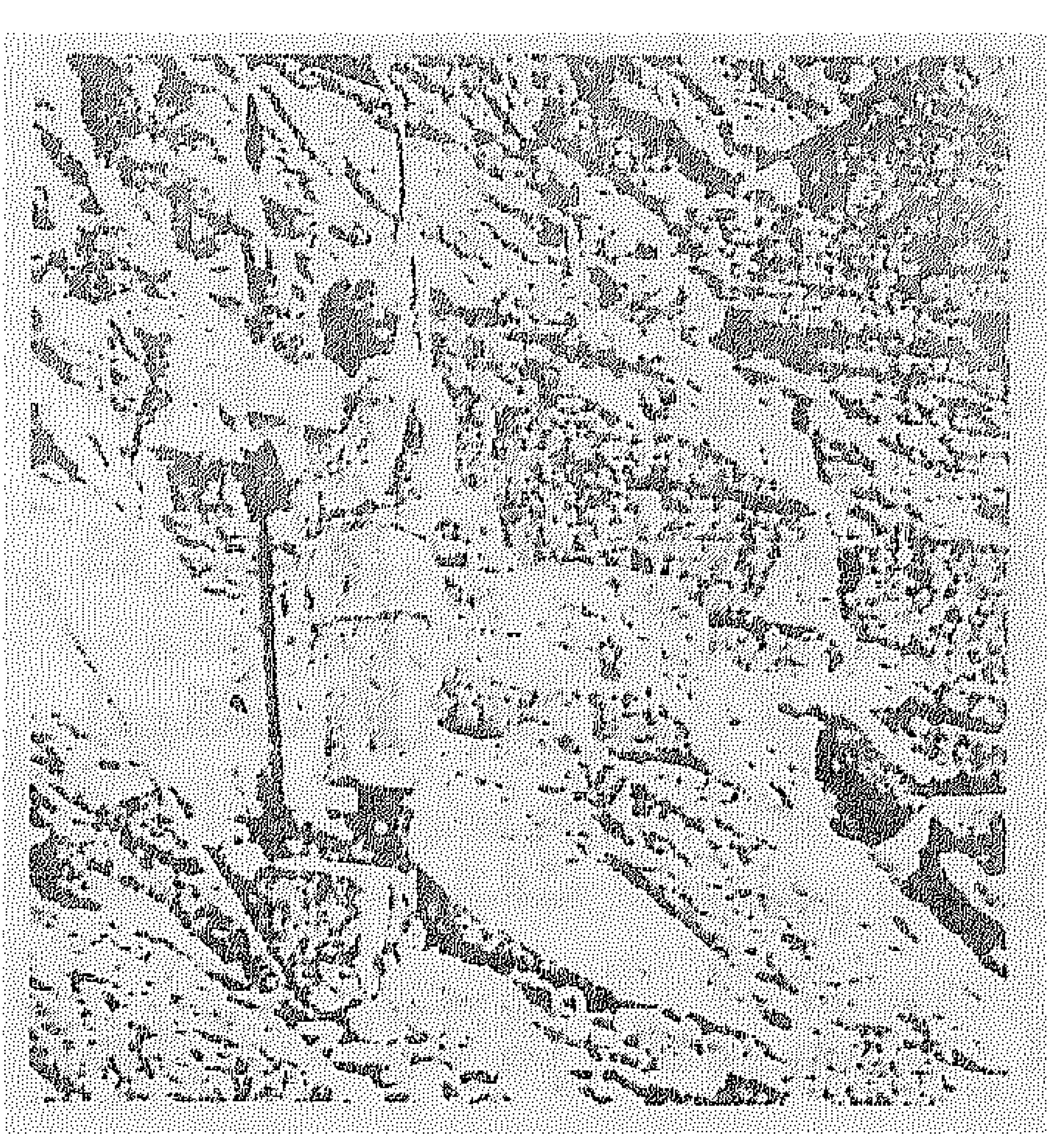
وتتوقف طريقة الاختبار على نوع الاستخدام المزمع للأحجار وعلى البيئة المحيطة للمبنى المكرر إنشاؤه أو ترميمـــه بالحجـــارة، وعموما يجب أن تتطحن الأحجار إلى أدق حبيباتهـــا قبـــل إجـــراء اختبار مقاومة الأحماض .

الاجهادات المسموح بها فى الإنشاء:

عند استخدام الصخور كمادة من مواد البناء على هيئة أحجار مثلا أو عند التأسيس فوق نوع معين من الصخور ، لا يسمح بوضع الأحمال التى يتولد عنها اجهادات مساوية لقوة تحمل الصخر سواء كان ذلك فى الضغط أو القص وإنما يسمح فقط بأحمال تنشأ عنها اجهادات أقل بكثير من قوة التحمل وتسمى النسبة بين قوة تحمل الصخر واجهادات التصميم بمعامل الأمان ويختلف معامل الأمان عدديا تبعا للغرض الذى يستخدم فيه الصخر فإذا استخدم على هيئة أحجار فى أعمال البناء كان معامل الأمان متراوحا بين ٦، ١٠ أما إذا كان الصخر مستخدما كمادة للتأسيس يقام فوقها المنشأ ، تراوح معامل الأمان فى هذه الحالة بين ١٥ ، ٣٠ وعلى سبيل المثال فالصخر الجرانيت تكون قوة تحمله لاجهادات الضغط حوالى ٧٠٠كجم /سم٢ فى المتوسط وبالرغم من ذلك تنص معظم المواصفات على أن تكون الاجهادات التصميمية إذا استخدم كمادة للتأسيس هى : من ٢٥كجم /سم٢ إلى ٤٠ كجم/سم ٢ أى بمعامل أمان يتراوح بين ١٨، ٢٨ . ولا يعنى هذا بالضرورة أن يكون معامل الأمان بهذا القدر فى هذه الإعمال، فإذا تأكد للمصمم من واقع التجارب المعملية قيمة قوة التحمل لصخر معين أمكنة تطبيق معامل أمان أقل من السابق ذكره أى أمكنة رفع قيمة الاجهادات التصميمية.

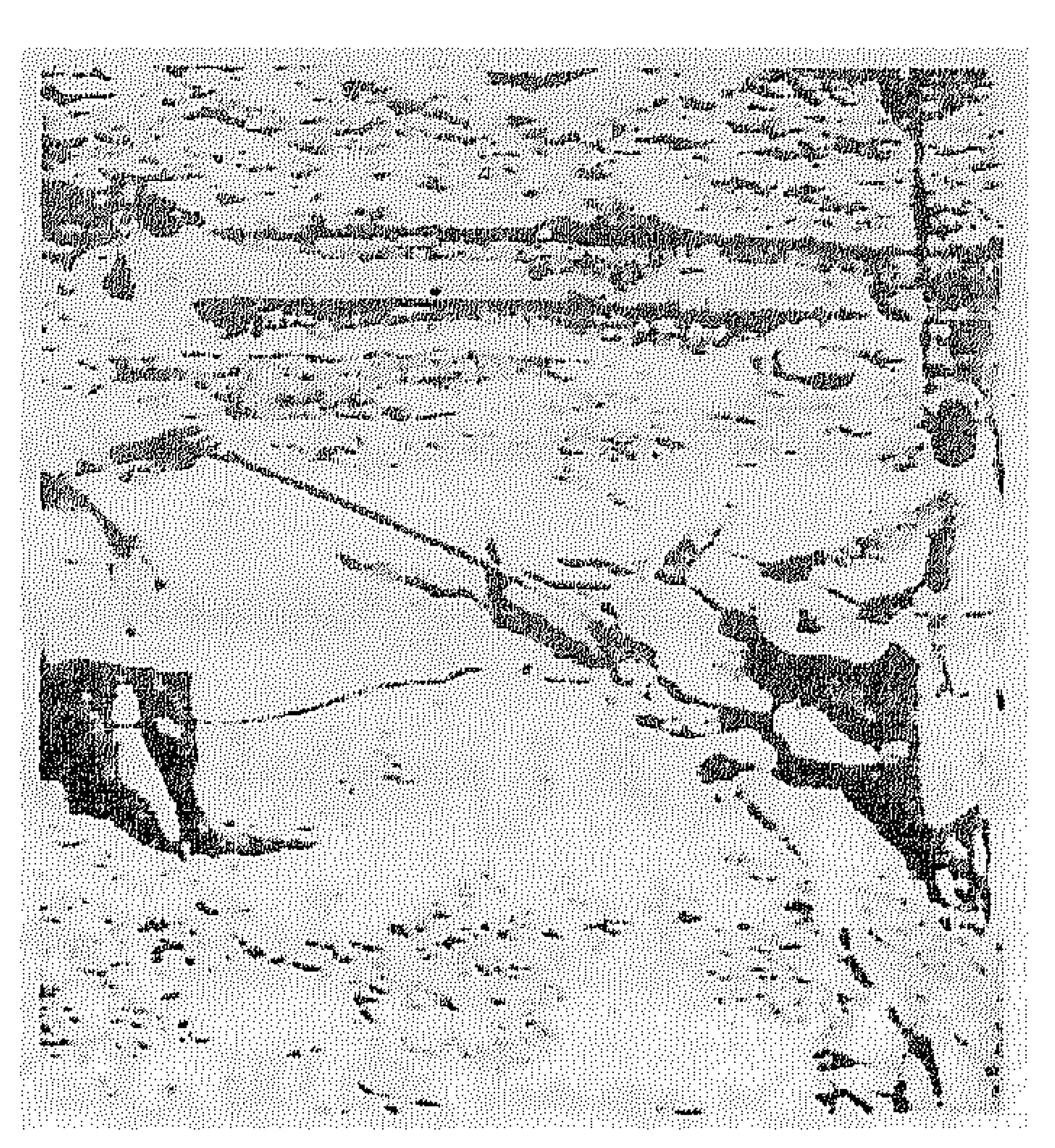
أسلوب تحجير الحجر الجيري في أحد محاجر حلوان





١ - تحديد واجهة المنحدر بواسطة حبل في محجر الحجر الجيري

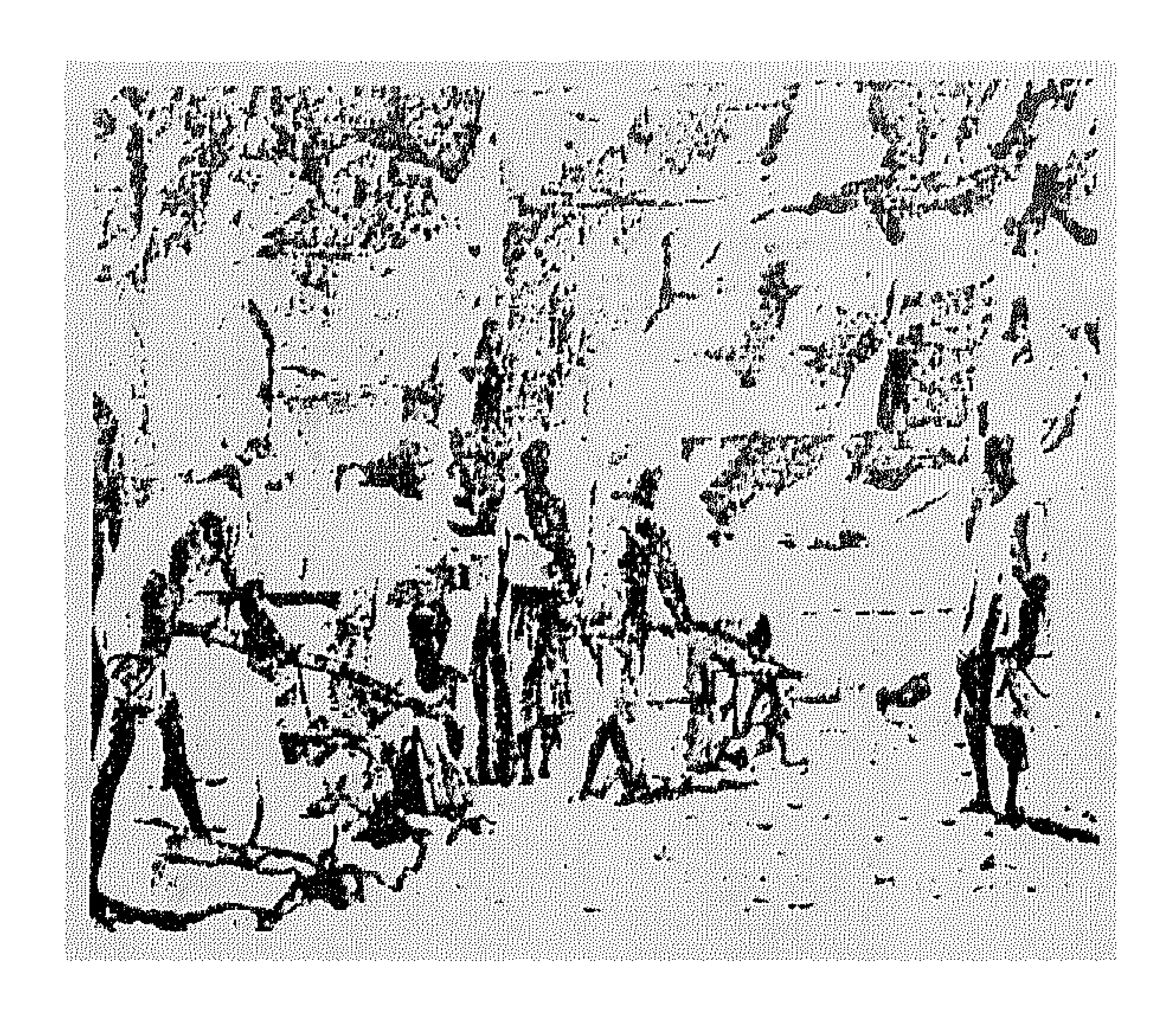
٢- عمل حفر في إساسات المنحدر بسيخ حديد يوضع في مواد نسف



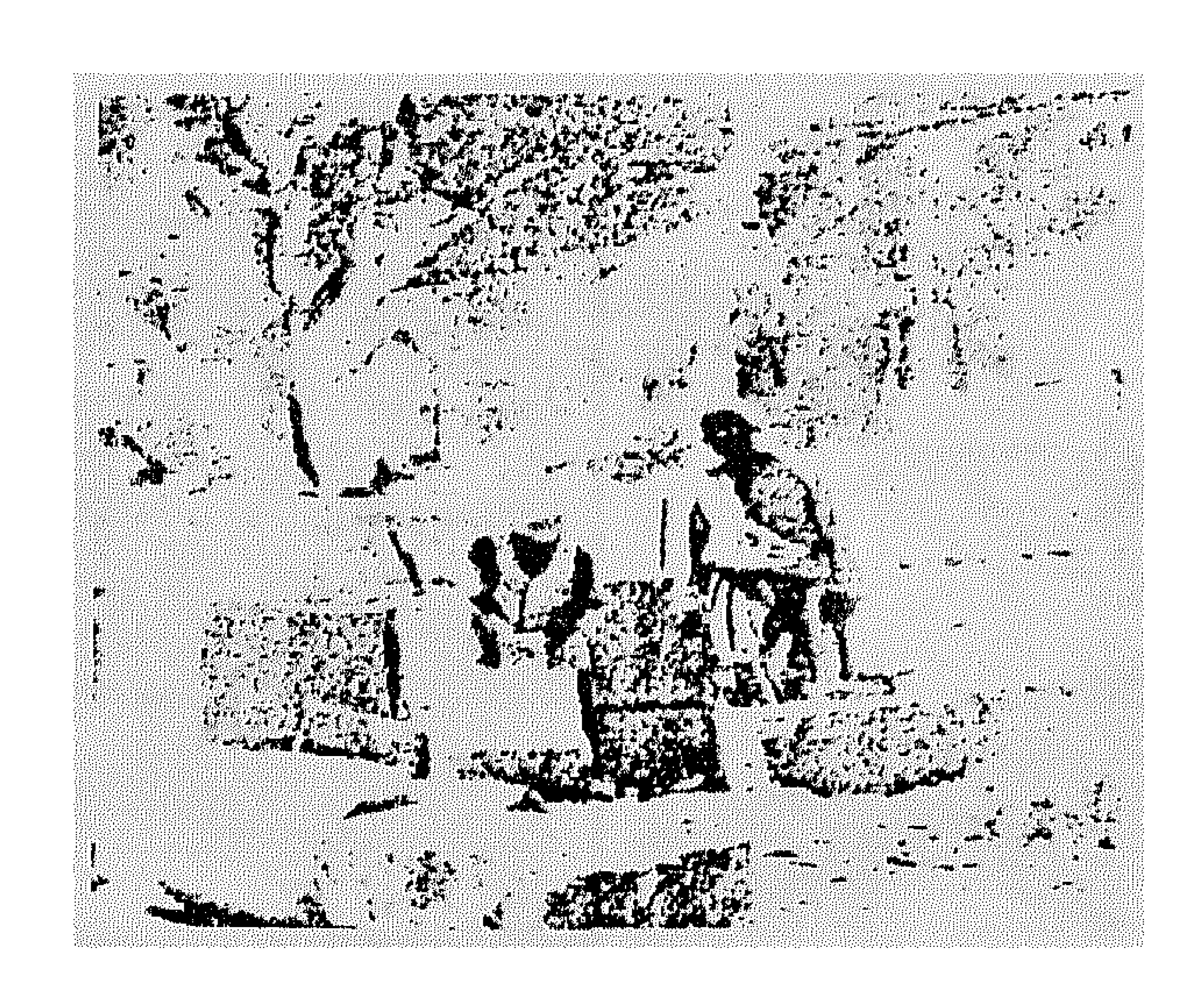
٣- إزالة بلوكات الحجر الجيري بعد عملية نسف في المحجر



٤ - شكل محجر الحجر الجيري بعد قطع بلوكات من الحجر

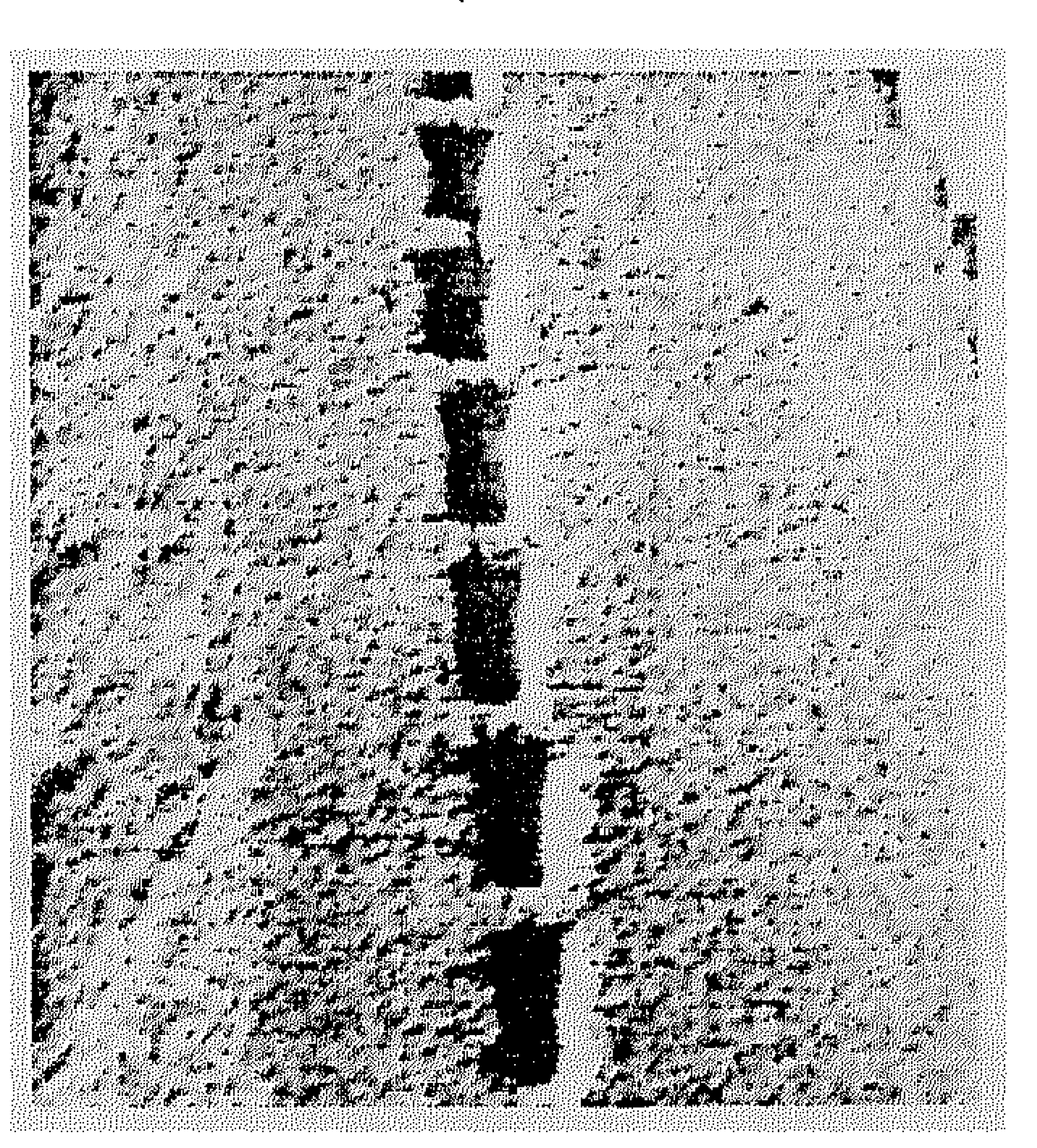


٥- قطع بلوكات الحجر الجيري بعد عملية التحجير بمنشار حدادي

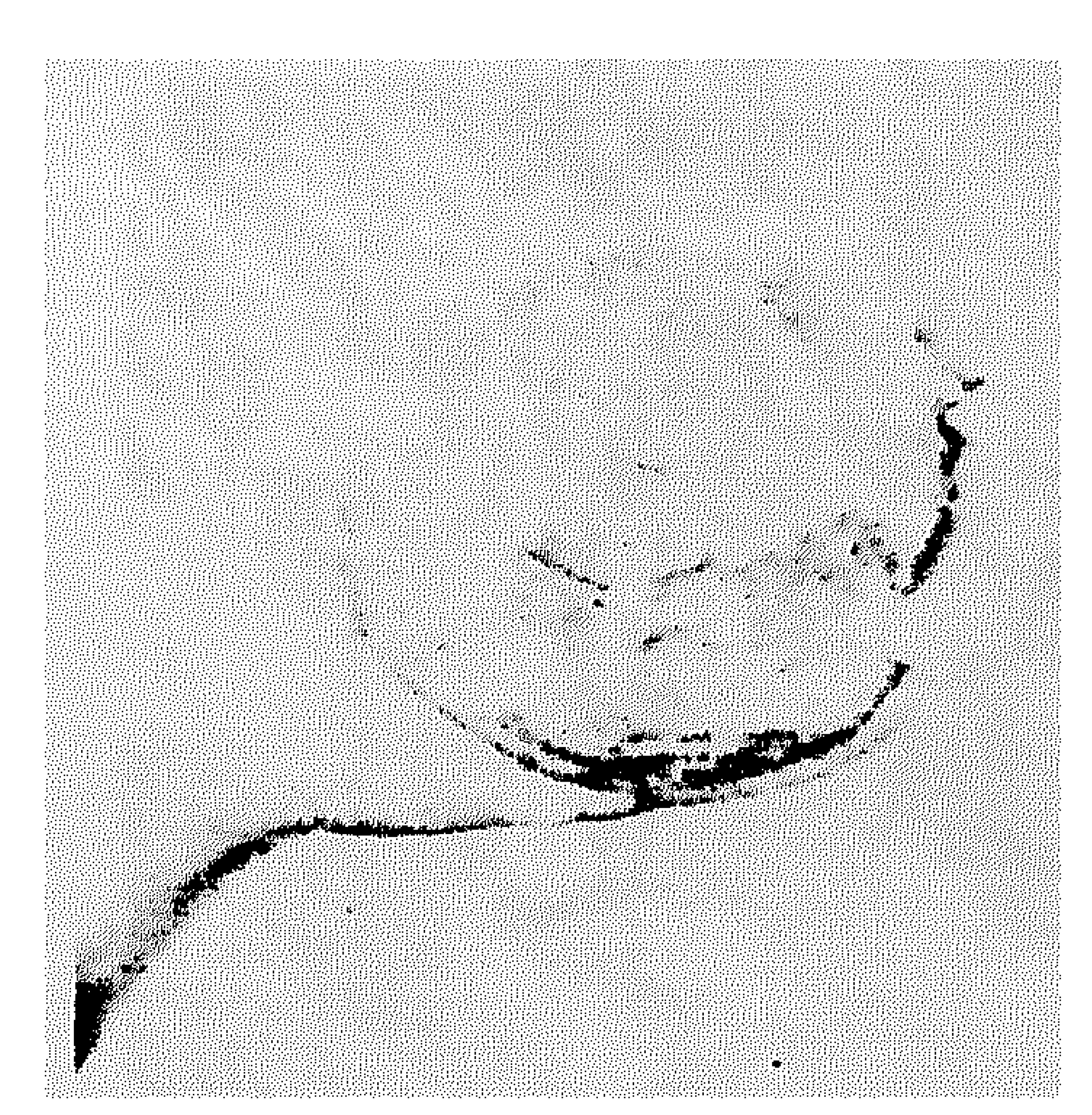


٦- تهذيب بلوكات الحجر الجيري يدوياً بعد التحجير

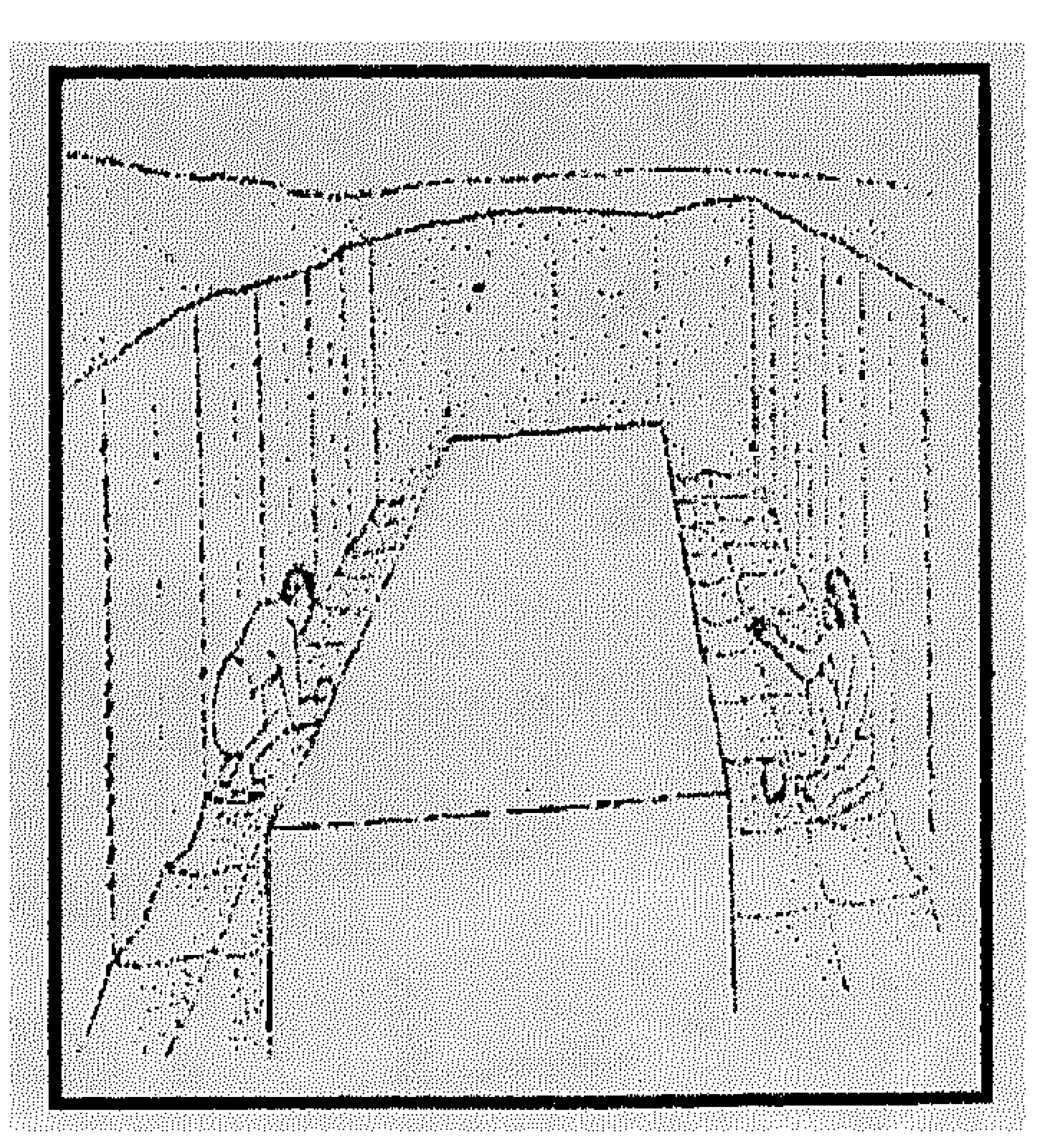
أسلوب تحجير الجرانيت في العصر الفرعوني



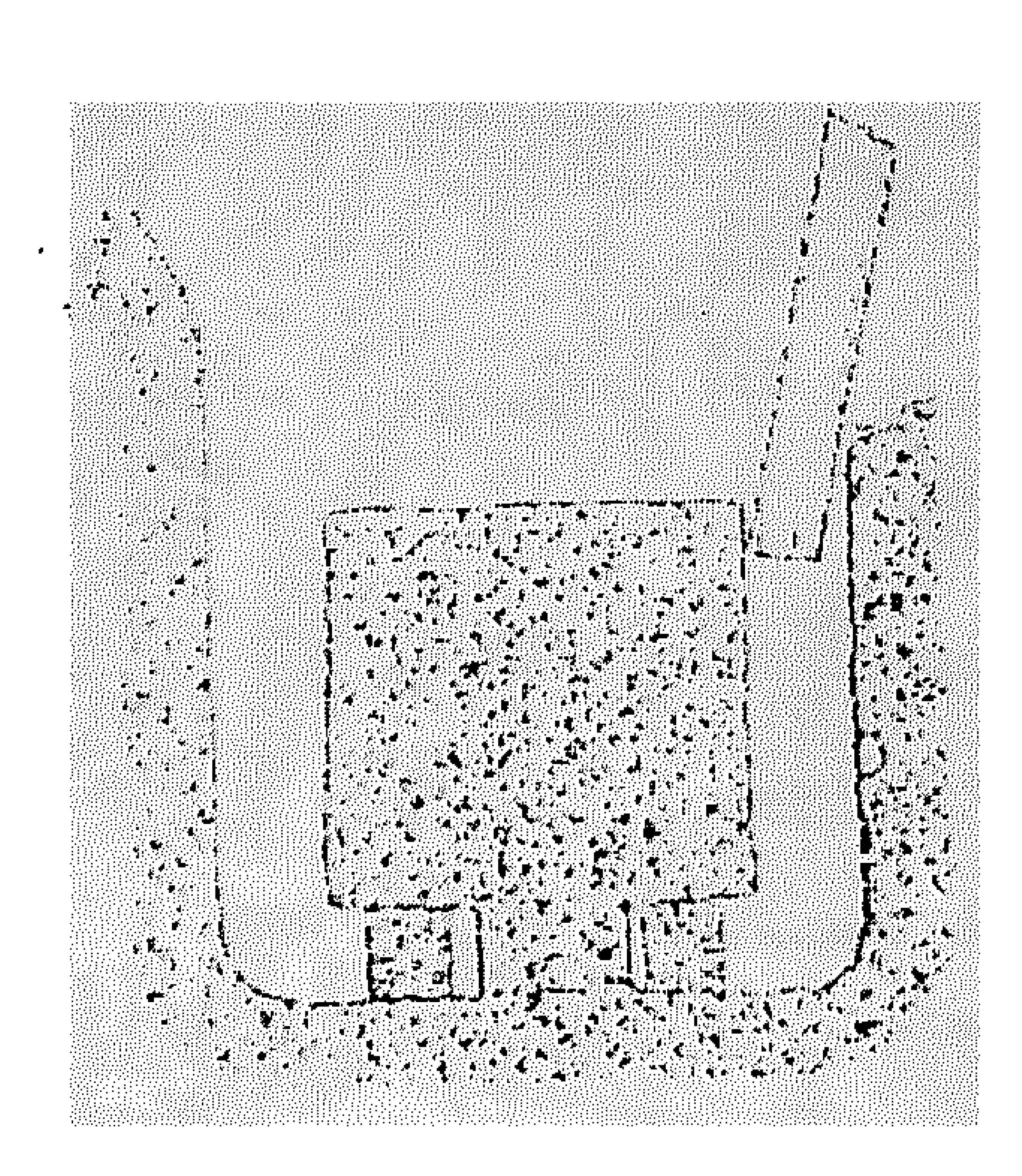
١- عمل فتحات على طول خط القطع في صخر الجرانيت



٢- كتلة من الدوليرات تستخدم في قطع وتسوية سطح الجرانيت

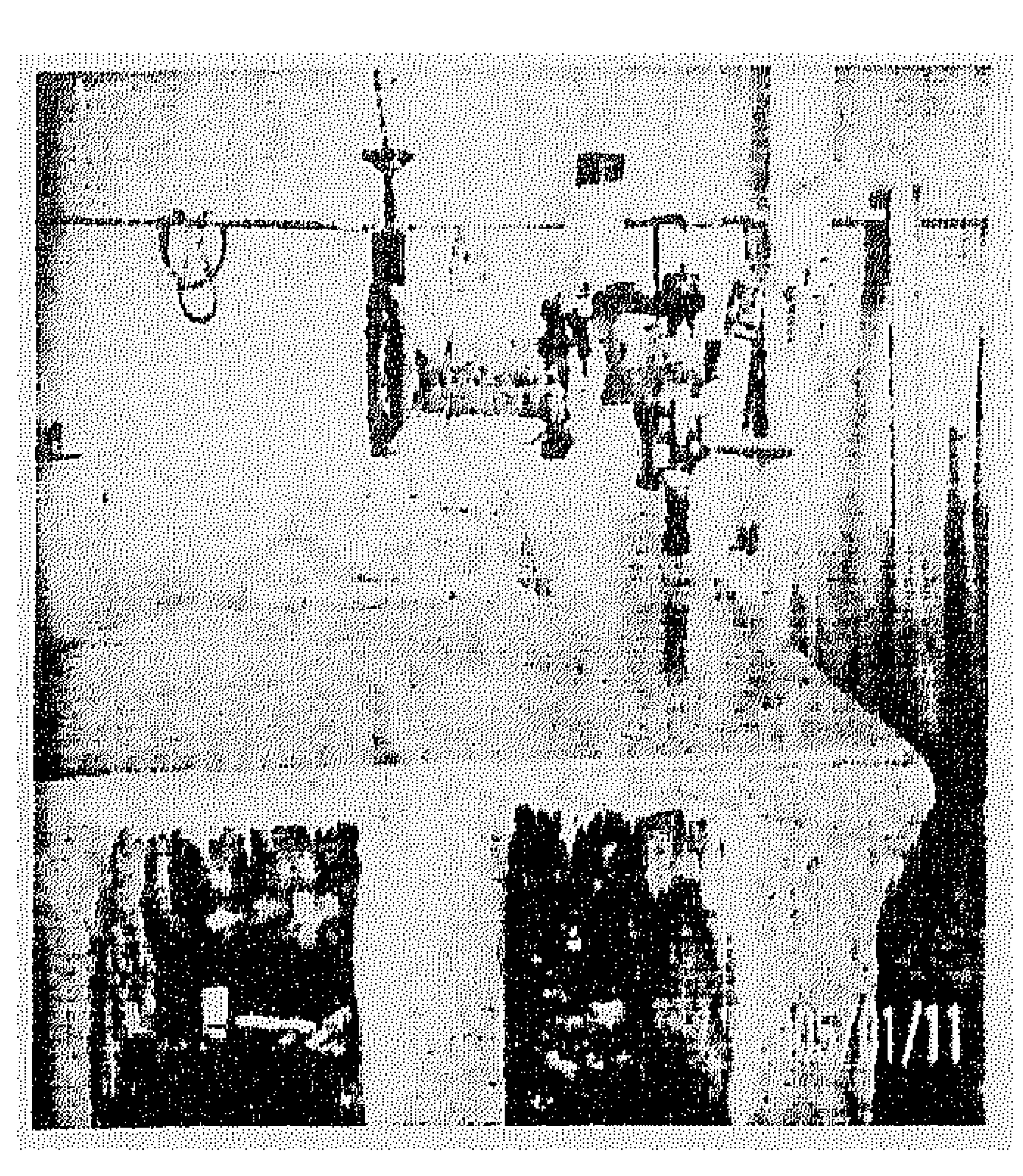


٣- أسلوب تفريغ خطوط القطع حول بلوك جرانيت

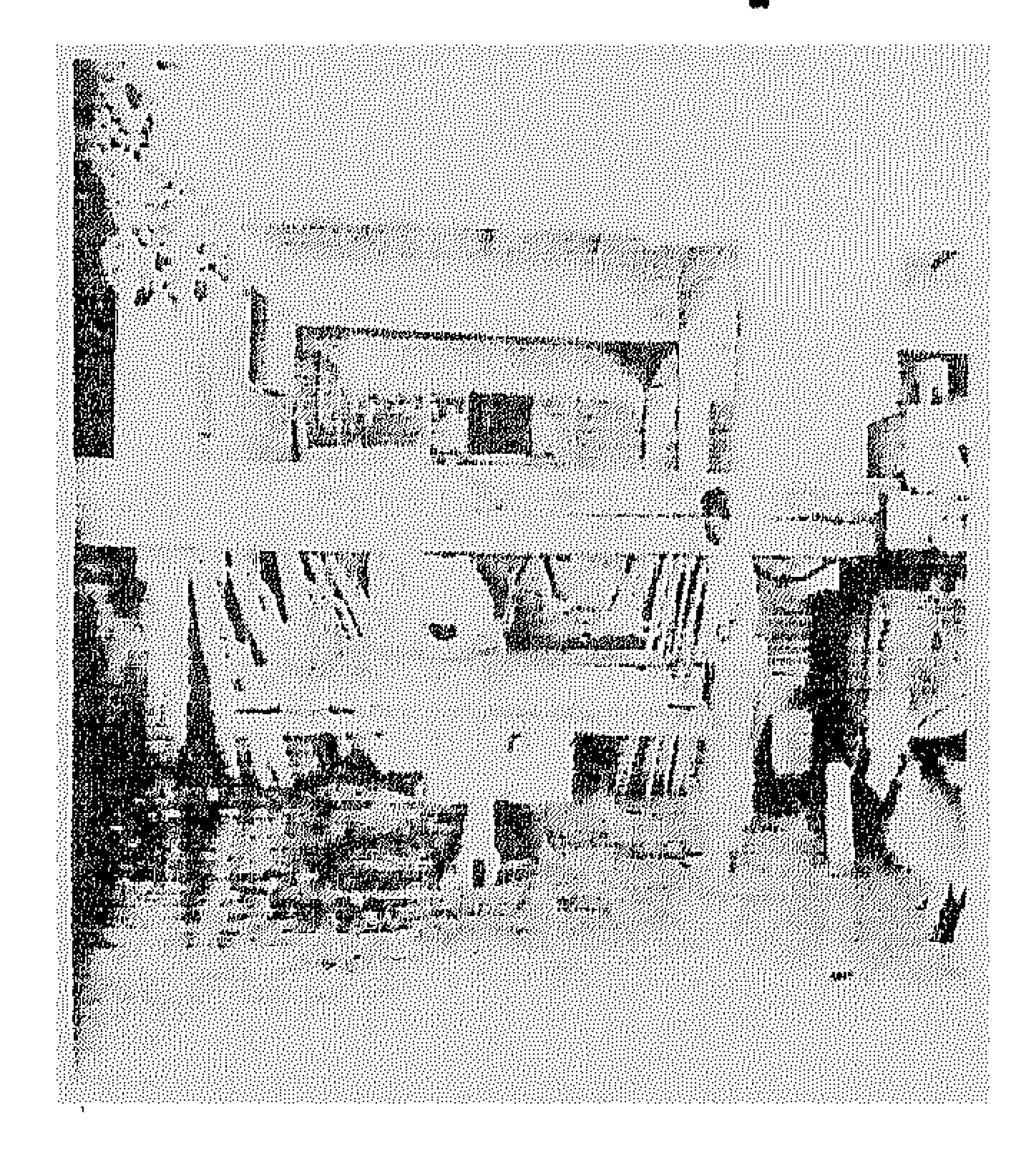


٤- أسلوب فصل بلوك الجرانيت من أسفل "من الصخر الأم"

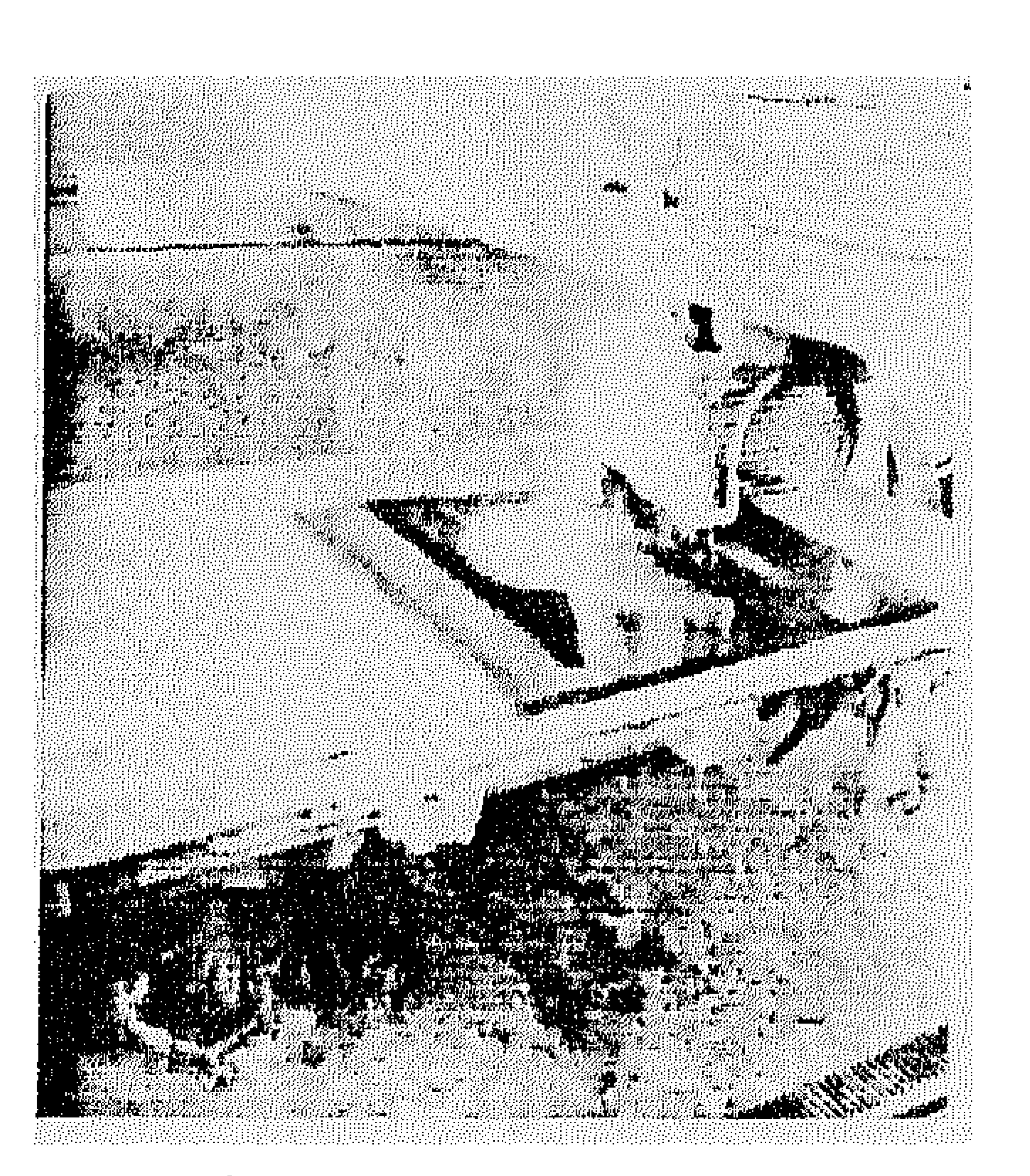
ماكينات قطع وجلي الجرانيت والرخام في العصر الحديث



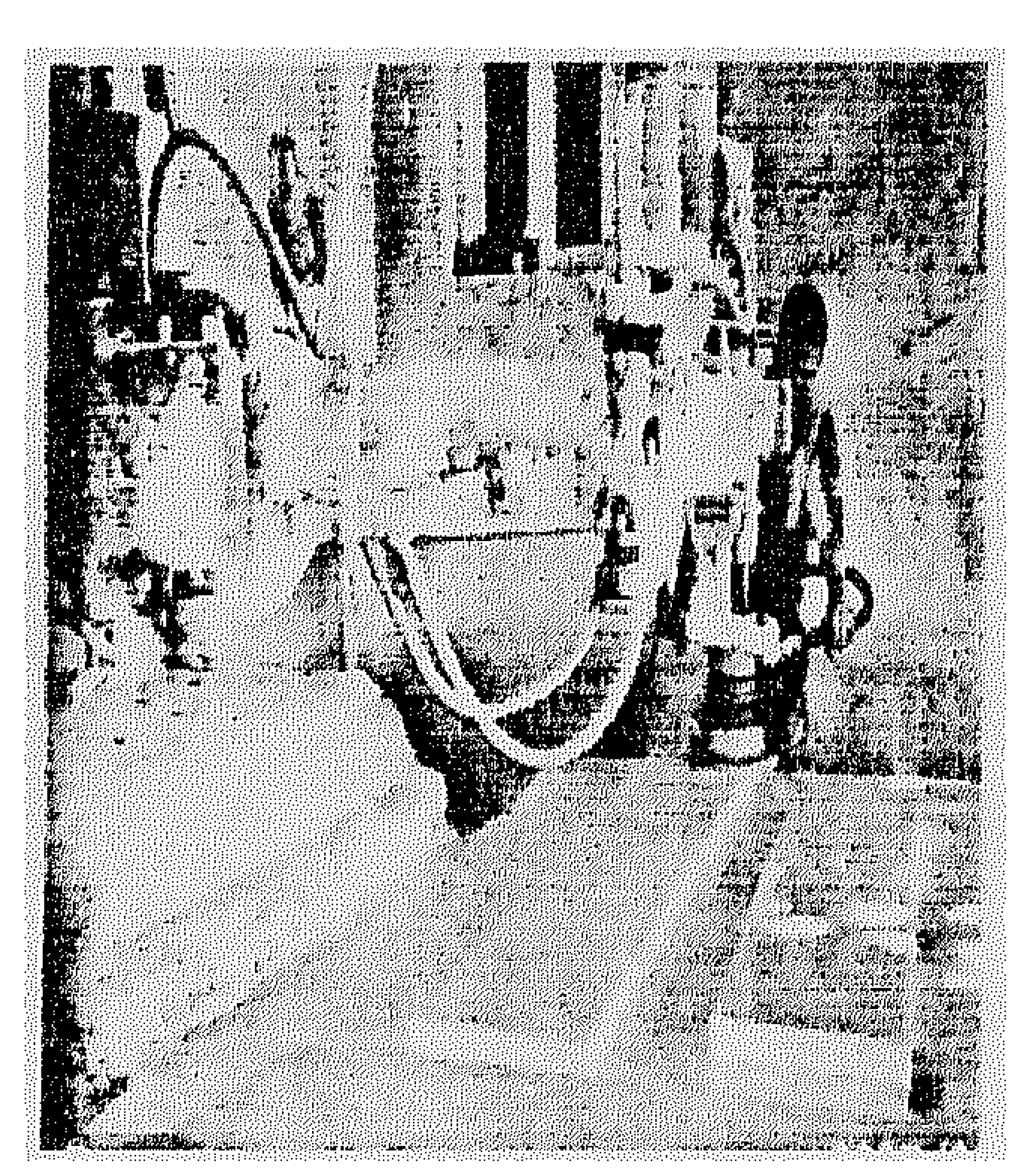
١- ماكينة قطع وتسوية رخام أو جرانيت حديثة



٢- عامل يقوم بعملية القطع للرخام أو الجرانيت



٣- ماكينة جلي وتلميع رخام أو جرانيت حديثة



٤- عامل يقوم بعملية الجلي أو التلميع للرخام أو الجرانيت

الفصل الرابع

الطوب

١- الطوب اللبن

من المعروف أن مادة الطوب اللبن وهى طمى النيل كانت متاحة فى كل مكان من الدلتا وفى الجزء الأكبر من وادى النيل . أما الوادى النوبى من الشلال الأول حتى الشلال الثانى فهو ضيق جدا ومن هنا يأتى الاختلاف، لأن الضفتين المنحدرتين الصخريتين تقتربان من مجرى النهر ويصبح الطمى المناسب لعمل الطوب أكثر ندرة من الأحجار. ويتيح الطمى فى بعض أجزاء الضفتين عمل طوب جيد عنه فى أجزاء أخرى .

ولكى يتم صناعة طوب من الطمى يلزم مكان يسمى حاليا "مضرب الطوب " اى المكان الذى يتم فيه ضرب الطوب أو صبه فى صورة قوالب ، وهذا المكان عبارة عن قطعة أرض مستوية تكبر أو تصغر حسب الموقع ، ويفضل أن تكون خارج المنطقة المخطط بنائها وقريبة منها ، وذلك لتوفير نفقات النقل من موقع إلى آخر ، وينبغى أن يكون الموقع قريب من أى مصدر للمياه العذبة النقية ، وأن يكون قريب أيضا من مصادر الطمى (التربة الطينية) .

وفى موقع مضرب الطوب يتم عمل حفرة بعمق يصل أحيانا إلى المتر لتجميع الطمى وخلطة بالماء بقدر مناسب ثم تقليبه عدة مرات على مدى عدة أيام ثم يضاف إليه كمية مناسبة من التبن

ويمزج الخليط جيدا اما بأقدام الرجال وأياديهم أو بمساعدة من فأس لها يد طويلة كتلك التى تستخدم فى الزراعة وتسمى هذه الحفرة لدى العامة " معجنة " .

وبعد أن يشعر صانع الطوب بالرضا حيال صلابة العجينة يبدأ فى عمل قوالب الطوب .

١- صناعة الطوب اللبن

وتصنع النوعيات العادية من الطوب من الطمى فقط ، بينما تصنع النوعيات الأفضل عن طريق خلط التبن مع الطمى . وهناك مادة أشد صلابة مازالت تخلط مع الطمى والتبن هى روث الماشية*. وتوضع القوالب الحديثة الصنع من الطين فى صفوف لكى تجف فى الشمس وهو مايحدث سريعا ثم تعاد العملية مرة أو مرتين . وعندما يحتاج الأمر الى قوالب صلبة فانه لابد من استمرار عملية التجفيف لفترة مناسبة . وتنحصر خاصية طمى النيل فى أن مثل هذه العجينة تصبح صلبة وكثيفة بشكل غريب. وتخلط كلها بالماء ويترك الخليط

---

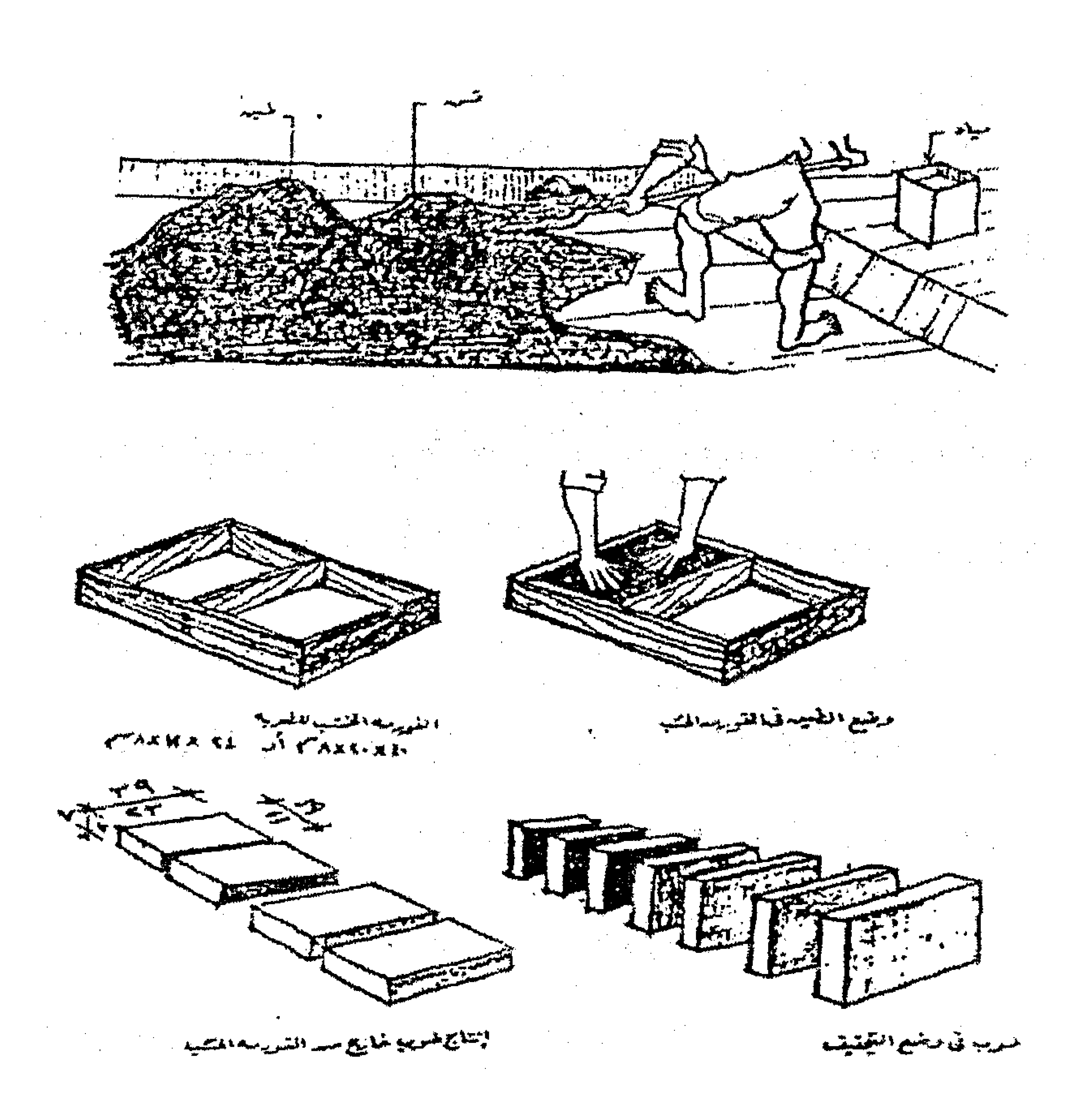
* عجينه الطوب المثالية تتكون من : ١ م٣ طفلة + ١ م٣ رمل + ٢٠ كجم تبن + ٣٠% ماء ويجب ملاحظة أن إضافة المواد الليفية كالتبن والقش أو شعر الحيوان إلى عجينه الطوب تحسن من قوى شد المنتج النهائى والتى تكون عادة قليلة جدا، كما تؤدى إلى رفع قدرته على مقاومة الضغط من ١٠ – ٤٥ كجم / سم٢ ، كما تقلل من انكماش الطين عند الجفاف وكذلك تجنبه التشقق .

بعدها ليتشرب ويتخمر لما لايقل عن ثمانى وأربعين ساعة ، وينتج عن التخمر حمض اللبنيك الذى يجعل القالب أمتن واقل امتصاصا من القوالب التى تصنع بأسرع من ذلك، بينما يختلط القش بالتربة بحيث يكتسب القالب تجانسا فىقوامه وهذا أمر جد مرغوب فيه ، ولا يتوافر فى القوالب غير المخمرة.

وعندما يتخمر خليط الطين ، يحمل في سلال إلى مكان صناعة الطوب ويكوم فى شكل ربى مستطيلة تكون فى متناول يد الصانع ، حيث يستخدم ضارب الطوب قالبا يدويا صغيرا، وقالب الصب هذا هو مجرد إطار خشبى مستطيل لا قاع له ولا سقف شكل رقم (٥) ؛ ويضعه ضارب الطوب على الأرض ويملؤه بالطين بكلتا يديه ثم يهزه فى العجينة ليحقق تماسك المونة ثم يقوم بتسويتها فى داخله ثم يمرر يده المبللة بالماء فوق سطحها لتمام التسوية ، ثم يرفع القالب الخشبى فيتخلف القالب المصبوب باقيا فوق الأرض التى تكون منثورة بالرمل أو القش من خلال قاع القالب الخشبى .

وهذه الطريقة تعنى أن الخليط لابد أن يكون رطبا جدا. بحيث يمكن للقالب أن يبعد منزلقا دون أن يحتاج المرء قط إلى أى ضغط لأسفل على الطين . والخليط الرطب له عدة عيوب فقوالب الطوب تنكمش أكثر من اللازم . حتى أنها تتشقق أحيانا أو تلتوى ،

وقد تلتقط أثناء جفافها الكثير من الرماد من أسفلها بحيث يكون على البناء أن يضيع وقتا فى تنظيف كل قالب قبل رصه ، وتترك القوالب التى صبت حديثا لتجف فى الشمس ، وتقلب على جنبها بعد ثلاثة أيام ، ثم تؤخذ إلى مكان تشوينها بعد ستة أيام . وهناك يحتفظ بها لأطول فترة ممكنة (كل الصيف مثلا) لتجف تماما قبل استخدامها فى البناء. شكل رقم (٦).

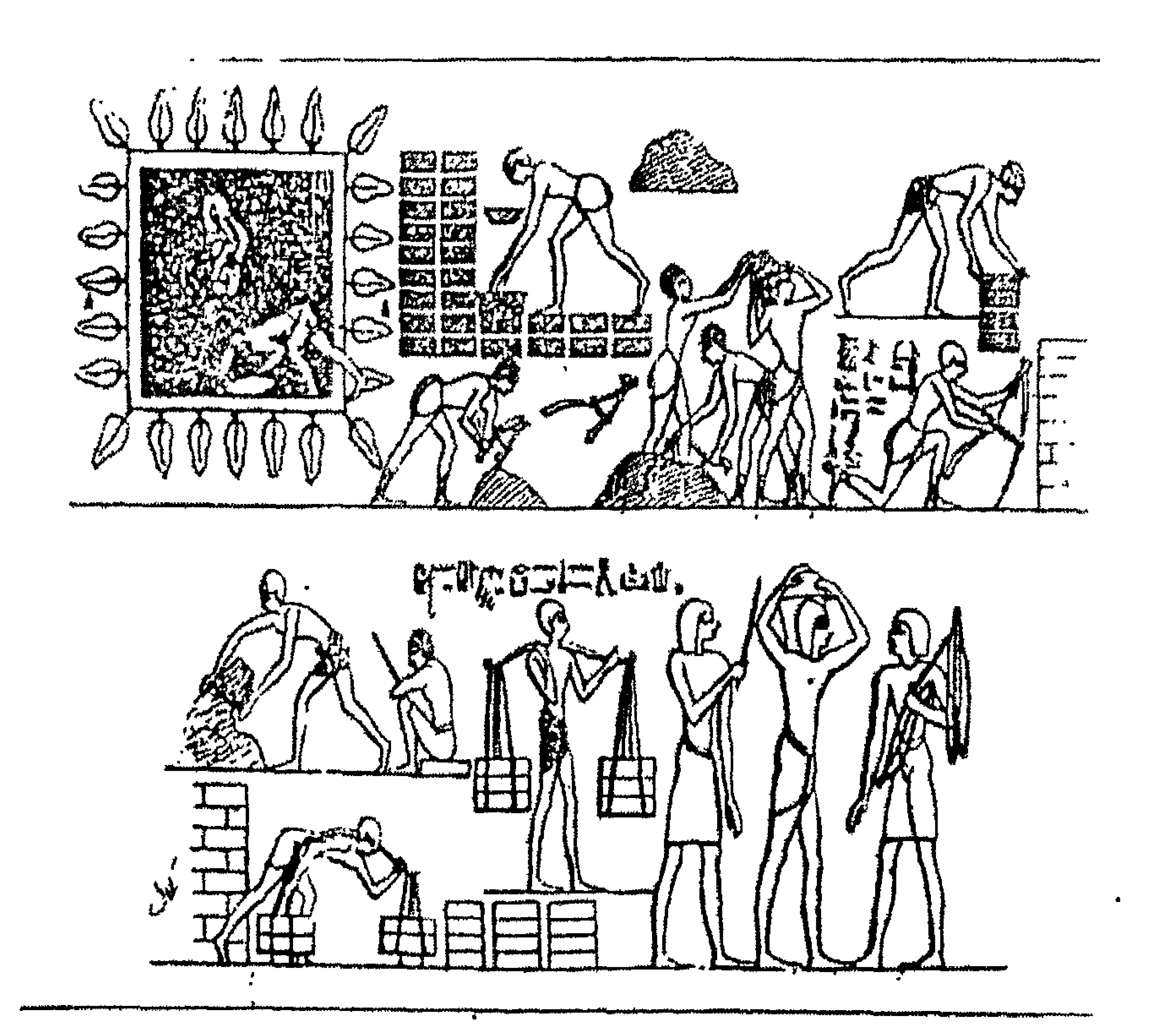


شكل رقم (٦) طريقة صناعة الطوب

وقد شاهد المؤلف فى قرية جريس منوفية نفس الأسلوب السابق أثناء صناعة الطوب اللبن إلا أن ضارب الطوب قد ينثر تراب ناعم على جدران القالب الخشبى من الداخل وأيضا على الأرض التى سيرص عليها قوالب الطوب المصبوب ، أو قد ينثر تبن ناعم على الأرض التى سيصب عليها قوالب الطوب ، أما القالب الخشبى فيغمره فى جردل مياه يضعه إلى جواره باستمرار أثناء العمل بعد كل قالب يصبه وذلك حتى لا يلتصق القالب المصبوب بأرض مضرب الطوب ، وأيضا حتى لا يلتصق القالب الطينى بجدران القالب الخشبى .

وعلى ما يبدو أن صناعة الطوب اللبن بالطريقة السابق ذكرها هى امتداد طبيعى لطريقة صنع الطوب فى العصر الفرعونى والتى تم تسجيل مراحلها على جدران بعض المقابر كما نرى فى منظر فى مقبرة الوزير "رخميرع " بالقرنة والتى ترجع إلى عصر الأسرة الثامنة عشرة شكل رقم (٧) يتضح فيه مضرب الطوب وبه حفره لتجميع المياه ورجلين يجلبان المياه منها ومكان لتخمير الطين ، ورجال يخلطون الطين بالماء ورجال يضعونه فى شكل أكوام صغيرة فى موقع العمل ، وآخرين يصبون الطين فى قوالب لصنع الطوب ، وآخرين يحملون الطوب إلى مكان التجفيف ويظهر فى

الصورة أحد الرجال يجلس القرفصاء وفى يديه ما يـــشبه العــصا، وآخر يقف خلف أحد العمال فى يده عــصا أيــضا، ويبــدو أنهمـــا المشرفان على العمل فى مضرب الطوب ، فهل يعد ذلك دليلا على وجود ورش أو مصانع أهليه لصنع الطوب فى العصر الفرعونى؟!



شكل رقم (٧) منظر من مقبرة رخميرع يوضح صناعة الطوب فى العصر الفرعونى

يجيب على هذا التساؤل محرم كمال " إذ يقول : " وكان حجم الطوب اللبن ٨,٧× ٤,٣ × ٥,٥ بوصة للقالب المعتاد،أو١٥×٧,١× ٥,٥ بوصة للأحجام الكبيرة، وكان الطوب الذى يصنع فى المصانع الملكية يختم أحيانا بطابع الملك ، فى حين أن الطوب المصنوع فى المعامل الخاصة كان يدمغ فى جانبه بعلامة تجارية من المغره الحمراء هى فى الغالب طابع المصانع، وفى كثير من الأحيان كان يترك دون علامة مميزة " .

على أية حال فان المصريين القدماء أكثروا من استعمال الطوب اللبن خصوصا فى منازلهم وقصورهم ، وترجع أقدم لبنات الطوب التى وجدت فى مصر إلى عصر ما قبل الأسرات ، حيث اكتشف " مصطفى عامر" فى محطة المعادى فى الوجه البحرى قرية تتألف من منازل مستطيلة الشكل ، وقد استعمل فى بنائها الطوب المجفف بالشمس أى الطوب اللبن ، وتعتبر منازل هذه القرية أول مبانى انشئت بالطوب اللبن فى عصر ما قبل الأسرات، ناهيك عن وجود مقابر بالطوب اللبن ترجع إلى أوائل العصر الحجر الحديث فى مرمدة بنى سلامة التى تقع إلى جوار قرية وردان من أعمال محافظة الجيزة، وبقايا قصر مهدم مبنى بالطوب فى أبيدوس بمحافظة سوهاج ويرجع تاريخه إلى الأسرة الثانية الفرعونية.

واستمر الطوب اللبن بعد ذلك مستعملاً فى البناء فى مصر خلال العصور التاريخية المختلفة ، ويرجع السبب فى ذلك إلى توافر خاماته الأولية بأرض الوادى وسهولة الحصول عليها ، بالإضافة إلى صلاحيته للبيئة الحارة .

أيضا مازال البوص والجريد وأعواد الحطب وفروع الأشجار مستخدمة فى الريف فى إنشاء أحواش للطيور وحظائر للحيوانات وأحيانا كثيرة مظلات مؤقتة يقيمها الفلاح المصرى حتى الآن وسط الأراضى وقت الحصاد ليستظل بها أو يستريح تحتها وقت الغذاء والقيلولة وتسمى فى القرى " خص " .

أيضا مازال الفلاح المصرى يقيم بجوار أو فوق منزله أكواخ صغيرة " عشش " من كتل الطين الذى يرصها فوق بعضها ثم يسوى أسطحها من الداخل والخارج ويتركها لتجف ويستغلها لتربية الطيور والحمام، وأحيانا يصنع منها شكل مخروطى مفرغ يستخدمه فى تخزين الغلال، وأحيانا يقيم منها حجرات صغيرة بجوار المنزل ويسمى البناء فى هذه الحالة " البناء بالطوف " .

٢-الطوب الأحمر:

الطوب مادة تستعمل فى جميع الإنشاءات لرخصها، وحيث لا أهمية إلى اللون الجميل أو التجانس أو الشكل أو المقاومة ضد التآكل بفعل العوامل الجوية إذا تركت ظاهرة بدون بياض ولا تستعمل كواجهات وتستعمل فى تشييد القواطيع .

ويستعمل فى صناعة الطوب الأحمر العادى الأنواع غير الجيدة من الطينات مثل طمى النيل وتربة الأراضى الزراعية . والطينات كلها عبارة عن سيليكات الألومنيوم المائية التى تحتوى على شوائب مختلفة مثل أكسيد الحديد وأكسيد الكالسيوم والمغنسيوم والقلويات وبعض المواد العضوية ، وكل المطلوب فى هذه الخامات هو وجود اللدونة الصالحة لعمليات التشكيل التى تتيح تشكيل القالب بسهولة سواء أكان هذا التشكيل يدويا أو بالماكينات . وينتج عن هذه الخامات طوب خالى من التشققات والأمواج ولو زادت اللدونة عن الحد المطلوب يمكن خلطها بالرمل أو بطينات سيليسية (طين رملى) وتعد الأخيرة من أنواع الطينات التى تتميز بلدونة عالية وسهلة التشكيل ولكنها لا تسمح للماء بالانسياب فى الجسم المشكل بسهولة . ومن ثم فان هذا الجسم لا يلبث أن يصيبه الاعوجاج والتشقق ولذا وجب أن يتخلل الطينات قدر ما من المسام وذلك بإضافة الرمل.

صناعة الطوب الأحمر:

تمر صناعة الطوب الأحمر من الطين بالمراحل التالية :

١- جلب الخامات :

حيث يتم جرف الأرض الزراعية أو محاجر الطفلة الطينية ثم تنقل الأتربة إلى المصانع بواسطة عربات الكارو أو الحمير أو الآلات مثل الديكوفيل الاتوماتيكى إذا كان المصنع قريبا من المحجر أو بالسيارات فى حالة نقل الأتربة إلى مسافات بعيدة.

٢-فصل الشوائب :

يتم غربلة التراب لتنقيته من الحجارة الصغيرة والشوائب المتجمدة قبل خلطة بالماء وذلك باستخدام مناخل أو مهزات، وأيضا لجعله أكثر تجانسا خاصة إذا جلب من الطين من مصادر متعددة .

٣- عمليات الخلط والعجن:

تتم بإضافة الماء إلى الطينة وتعمل هذه المياه على تفكيك الطينة وإعطائها اللدونة المناسبة وتسمى هذه العملية أحيانا بعملية التخمير ، هذا الخلط إما يتم يدويا في المصانع اليدوية أو في الخلاطات الأتوماتيكية فى المصانع الحديثة، كما يضاف إلى الخليط قليلا من الرمل والأكاسيد المختلفة * لتحسين خواص الطوب عند الجفاف والحريق . وقد يضاف أيضا التبن أو قش الأرز المطحون وذلك لإعطاء الطين اللدونة المطلوبة وتقليل انكماش الطوب أثناء جفافه بعد التشكيل .

٤- التشكيل :

يتم تشكيل الطوب فى قوالب خشبية ويراعى عدم التصاق الطينة بالقوالب أثناء التشكيل، هذه القوالب تنتج طوب بمقاسات معينة حيث يتم حساب نسبة الانكماش اللازمة أثناء التجفيف

* أكاسيد الحديد : تعطى اللون الأحمر للطوب بعد حرقه . والرمل يعطى صلابة للطوبة بعد الحريق ويمنع اعوجاجها وتشققها .

والحريق بالماكينات الأتوماتيكية أو بطريق السحب من ماكينات مع استعمال الضغط ، والمقاسات المنتجة بعد الحريق تختلف فى القاهرة عنها فى الإسكندرية فى العصر الحديث . ففى القاهرة ٢٥ ×١٢×٧ سم إما فى الإسكندرية ٢٣×١١×٦سم.

٥- **التجفيف :**

يجفف طبيعيا فى الهواء وتستعمل أيضا المجففات الصناعية المستمرة التى يمكن عن طريقها التحكم فى درجة الحرارة ونســـبة الرطوبة وسرعة الهواء فى داخلها خصوصا فـــى الطـــوب قطـــع السلك*.

٦- **الحـــريق :**

الطريقة القديمة غير المستمرة وهـــى القمـــائن، والطريقـــة الحديثة المستمرة وهى الأفران، ويسمى الطوب الأحمـــر بـــالطوب البلدى إذا صب على الأرض، وبالطوب الأفرنجى المعـــروف فنيـــا بطوب ضربْ السفره إذا صب على ألواح خشبية، وبطوب الماكينة إذا صنع بالآلات إبتداء من خلط وتخمير الطينة إلى ضغطه ثم قطعه ، فاذا قطع بالسلك سمى طوب قطع السلك، وإذا ضغط مـــع تـــرك خروم فيه قد يكون عددها ستة أو ثلاثة سمى : الطوب المجـــوف أو المفرغ.

* المراحل الخمسة التى تم شرحها هى نفس المراحل التى تمر بها صناعة الطوب النيئ .

طرق إحراق الطوب :

يتم إحراق الطوب اللبن أو النيئ بطريقتين : الطريقة المتقطعة وهى التى تتم فى القمائن البلدية . الطريقة المستمرة : وهى التى تتم فى الأفران .

وفيما يلي نذكر كيفية حرق الطوب اللبن في القمائن والأفران:

١ – القمائن

عبارة عن أفران تعمل خصيصا لغرض حرق الطوب اللبن ، وتستعمل مرة واحدة فقط لأنها تصنع من الطوب نفسه المطلوب حرقه، ويمكن عملها على أى مسطح من الأرض ، ويكون مسقطها الأفقى عادة مربعا يتراوح ضلعه بين أربعة أو خمسة أمتار ويصل ارتفاعها إلى خمسة أمتار ، وتعمل أوجهها مائلة مكونة شبة منحرف ، وأحيانا تعمل القمينة مستطيلة الشكل أو مربعة وأوجهها غير مائلة .

وفى كل الحالات ترص القوالب على هيئة مداميك ويعمل بأسفلها مجارى " فراغات "، هذه المجارى* تكون أما واصله بين وجهين فقط أو واصله لبعضها من الأربع جهات ، ويراعى توجيه فتحات هذه المجارى بحيث تكون عكس اتجاه الرياح أى فى مواجهتها وذلك لتسهيل اشتعال النار وزيادة سرعة احتراق الوقود بمساعدة الهواء .

* يلاحظ أن هذه المجارى تعمل فى الثلاثة مداميك الأولى، أما المدماك الرابع فيغطيها.

وتملأ المجارى بأى نوع من أنواع الوقود مثل الفحم الخشن وكسر الخشب وفروع الشجر والبوص والحطب ، يضاف إليها عادة قدرا من الكيروسين ليساعد على اشتعال الوقود داخل القمينة.

وبعد الانتهاء من رص مداميك الطوب مع ترك فتحات التهوية ووضع الوقود فى أماكنه تكون انتهت عملية صنع القمينة* من الطوب اللبن ومعه وقود الإحراق ، بعد ذلك يتم تلييس جميع أوجه القمينة بالطين ويكون سمك طبقة اللياسة هذه حوالى ٣ سم ، والغرض منها حفظ الحرارة داخل القمينة لتساعد على تمام إحراق الطوب .

يلى ذلك اشعال وقود الحريق ، ويلاحظ أن اشتعال الوقود له دلائل أهمها : وجود دخان كثيف يستمر طول فترة الحريق يخرج من فتحات التهوية ومن بين قوالب الطوب . وتتراوح المدة التى يتم فيها حرق الطوب اللبن بهذه الطريقة من ثلاثة أسابيع إلى ستة أسابيع حسب جودة فتحات التهوية وكمية الوقود المشتعلة وتيار الهواء الذى يساعد على الاشتعال .

---

* يطلق على القمينة أحيانا لفظ كوشه وهو لفظ يبتعد كثيرا عن الواقع إذ أن الكوشة عبارة عن فرن يبنى خصيصا لحرق الفخار ويكون مقطعه مخروطى الشكل ويستخدم لأكثر من مرة .

وتظهر عوارض تبين نفاذ الوقود المستعمل فى القمينة وأن قوالب الطوب قد اكتمل إحراقها أو بالأصح نفذ الوقود المستعمل فى الإحراق منها: انقطاع الدخان المتصاعد ، وتقشر اللياسة من على أوجه القمينة وربما تساقطها .

عندئذ تترك القمينة مدة أسبوع أخر حتى تبرد ، ثم يتم إخرج الطوب منها ، ولا يفضل إخراجه وهو ساخن خوفا من تعرضه للهواء البارد فجأة فيتشقق وينكسر .

وقد شاهد المؤلف عملية إنشاء قمينة طوب لبن يتم حرقه بعد ذلك فى قرية أولاد نصير بسوهاج ، ولاحظ أن القمينة يتم صنعها بنفس الطريقة السابق شرحها إلا أنه بعد اكتمال صنعها لا تغطى من جميع الجهات باللياسة الطينية ، بل تترك الجهة الشمالية الغربية دون لياسة ، وهى الجهة التى تهب منها الرياح فى سوهاج غالبا .

أيضا لا يشترط أن ترص مداميك طوب القمينة بميل كلما ارتفعت لأعلى بل يمكن أن تكون مستوية ، وقد يكون مسقطها الأفقى مربعا أو مستطيلا ، وقد تكون القمينة صغيرة تسع خمسة آلاف طوبة أو تكون كبيرة تسع عشرة آلاف طوبة .

أما وقود الحريق فكان حطب القطن والذرة الرفيعة والفحم مع قليلا من السولار " كيروسين السيارات " وقد استمر حرق الطوب حوالى شهر ثم تركت القمينة شهر أخر حتى تمام برودة الطوب .

والطوب ناتج هذه القمائن*غير جيد الحرق ، غير مستوى الأبعاد، به تشققات كثيرة ، وتتخلف فى موقع القمينة كميات كبيرة من كسر الطوب تعتبر هالك إذا نظرنا إليها من الناحية التجارية ، كما أن لون الطوب يختلف من موقع إلى أخر فى القمينة الواحدة ، وطوب القمائن أرخص سعرا من طوب الأفران المستمرة إلا أنه ليس الأجود فى أى حال من الأحوال .

٢- الأفران :

هى عبارة عن حجرة مبطنة بالطوب الحرارى وهى إما أفران مستمزة أو أفران غير مستمرة، والأفران غير المستمرة غير اقتصادية وتستهلك كمية وقود كبيرة وتستعمل فيها أنواع وقود غير جيدة مثل البوص وفروع الشجر والحلفا وحطب القطن والذرة ولا تحتاج إلى رؤوس أموال كبيرة لبنائها وإنتاجها متقطع .

* تسمى قمائن الطوب البلدى أو قمائن أهالي وهى قمائن غير مصرح بها من الحكومة لما لها من أضرار على البيئة .

أما الأفران المستمرة فتستهلك كمية وقود أقل وتعطى إنتاج مستمر وبعضها مجهز بمنطقة حرق متحركة مثل قمينة هوفمان .

وترص القوالب فى الفرن بحيث يسمح بالهواء الساخن بأن يمر بسهولة بين القوالب ليرفع درجة الحرارة بانتظام، وتستغرق عملية الحرق حوالى ٣-٤ أيام وعندما ترتفع درجة حرارة القوالب إلى ٣٠٠ ° ف يتم تبخير الماء الحر الذى لم يزال بالتجفيف فى الهواء الطلق . وعندما تصل درجة حرارة القوالب إلى ٨٠٠-١٢٠٠ ° ف يتم إزالة الماء المتحد كيميائيا مع الطين، وأثناء إزالة الماء المتحد مع الطين تبدأ عملية تأكسد واحتراق كل المواد القابلة للاحتراق وتتم عملية التأكسد هذه عند درجة حرارة ٤٠٠-١٧٠٠ ° ف.

وعندما تزداد درجة الحرارة عند درجة التأكسد يحدث تزجج أو انصهار للطوب لإحدى الحالتين الآتيتين :

أ-انصهار تام :

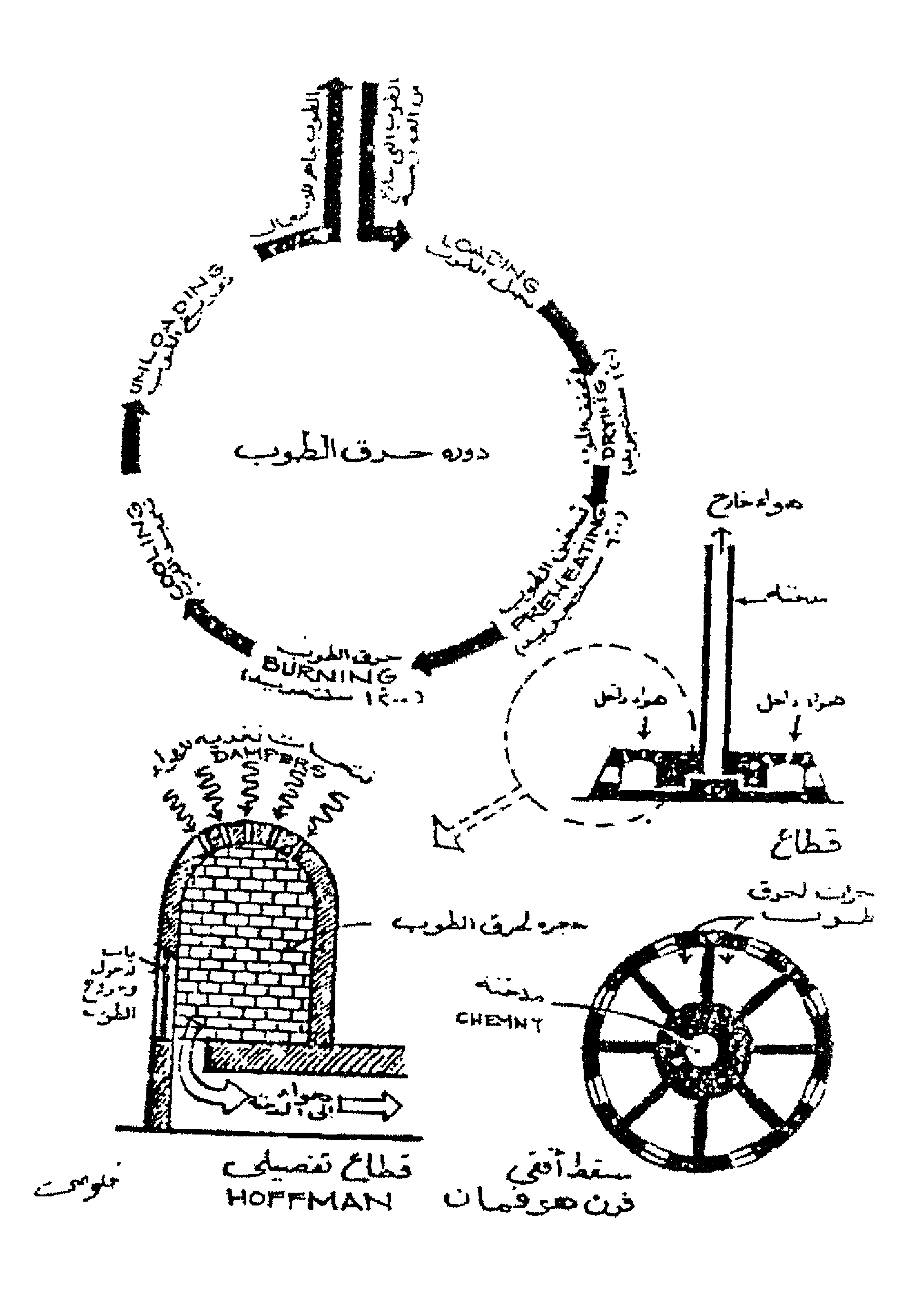
يحدث هذا الانصهار عند درجة حرارة تتراوح بين ١٥٠٠-٢١٠٠ °ف ويتم انصهار الحبيبات مع بعضها ولا تسبب هذه الحرارة اتحاد الجزئيات مع بعضها تماما ولا تسد الفراغات الموجودة بالطوب .

ب-تزجج تام :

عند درجة حـرارة التـزجج حـوالى ١٢٥٠ ° ف يحـدث انصهار تام لكل الحبيبات وتسد الحبيبات الفراغات وتجعل الطـوب غير منفذ للماء، ويحرق لهذه الدرجة طوب الرصف .

بعد الحرق يتم تبريد الطوب تدريجيا حتى لا يحدث شـروخ وتشققات على سطح قوالب الطوب وتستغرق عملية التبريـد فتـرة تتراوح بين ٢-٣ أيام بعدها يستخرج الطوب من الفرن ويكون جاهز للبناء ويشون الطوب فى الموقع فى رصات لا يزيد ارتفاعها عـن مترين وعرضها عن طوبتين وبشكل يسمح بالمرور بـين صـفوف الرصات بسهولة وذلك للكشف عليها بجانب سهولة تحميلها ورشـها بالماء إذا لزم الأمر . والشكل رقم (٨) يبين تفاصـيل دورة حـرق الطوب فى أحد أفران هوفمان وكيفية رص الطوب فـى حجـرات حرق الطوب كما يوضح طريقة تغذيـة هـذه الحجـرات بـالهواء والتخلص من الدخان الناتج من عملية الحرق عن طريـق المدخنـة العالية الموجودة فى الوسط.

ومن أمثلة الطوب المجهز بهذه الطريقة طوب قطع السلك والطوب المضغوط والتيراكوتا .



شكل رقم (٨) فرن هوفمان ودورة حرق الطوب

ومن مميزات تصنيع الطوب ميكانيكيا مع الحرق بالفرن المجهز :

- إعطاء إنتاج ودورة سريعة للطوب .
- حرقه للطوب فى معظم الأوقات يعطى تجانسا فى اللون .

أما عيوب هذا النوع من التصنيع فأهمها :

- تكلفة الإنتاج عالية .
- التصنيع يتطلب عمالة عالية الكفاءة .

٣- أنواع الطوب الأحمر المستخدم فى البناء فى مصر :

توجد أنواع كثيرة من الطوب فى عالم تشييد المبانى القديمة والحديثة تختلف أشكاله ومقاساته . ومن الأنواع الشائعة الاستعمال فى مصر ما يلى :

١- الطوب الأحمر البلدى :

ويعرف بطوب ضرب الأرض إذا تم صبه على الأرض، ويعرف بطوب ضرب سفرة إذا تم صبه على ألواح خشبية، ويستخدم هذا النوع فى أغراض البناء العادية التى لا تتطلب أهمية كبيرة فى مظهر الطوب الخارجى حيث يندر تجانسه فى الحجم ودرجة الحريق واللون وهو من أكثر أنواع الطوب الأحمر شيوعا وانتشارا فى القطر المصرى، وعادة يتحمل طوب ضرب السفرة ضغطا مقداره يتراوح بين ٣٠-٤٥ كجم / سم٢ . ومقاساته فى العصر الحديث فى القاهرة ٢٥ × ١٢ × ٦ سم ، ٢٥× ١٢ × ٧سم.وفى الإسكندرية ٢٣× ١١×٥,٥ سم، ٢٣× ١١×٦ سم .

٢-الطوب الأحمر المضغوط :

ويعرف بالطوب الهندسى المصنوع من الطين أو طوب كبس pressed ويستخدم فى الأعمال الهندسية التى تتطلب ضغوطا عالية ومقاومة لعوامل الاحتكاك والتأثيرات الجوية ولذا يراعى عند تصنيعه أن تصب عجينه الطوب تحت ضغط ميكانيكى ، ثم تحرق فى أفران مستمرة مثل فرن هوفمان وعادة يتحمل الطوب المضغوط ضغطا مقداره يتراوح بين ٢٥٠-٦٠٠ كجم/سم٢ ، والنسبة المئوية لامتصاص الماء تتراوح بين ١٦-٢٣، ومقاساته عادة تكون ٢٣× ١١× ٥,٥ سم أو ٢٥× ١٢× ٦ سم أو حسب الطلب .

٣-طوب قطع السلك:

وهو طوب مصنع ميكانيكيا ويستخدم فى أغراض البناء التى تتطلب أهمية كبرى فى مظهر الطوبة الخارجى ويتم صبه وقطعه بماكينات بها سلك رفيع، ثم يجفف ويحرق فى أفران مستمرة .

وعادة يتحمل هذا الطوب ضغطا يتراوح بين ١٠٠-٤٠٠ كجم/سم٢، كما أن مقاساته عادة تكون ٢٣× ١١× ٥,٥ سم أو ٢٥×١٢×٦ سم ، ويتميز هذا الطوب عن غيره بوجود أثار تجزيعات على الطوبة نتيجة قطعها بالسلك، وهذا النوع من الطوب يعتبر منتظم التكوين والشكل ومتجانس فى الحريق .

٤-طوب الواجهات :

يستخدم هذا النوع من الطوب فى تكسية واجهات المبانى، وهو يمتاز بأنه لا يحتاج إلى بياض وله أبعاد عديدة حسب الطلب، وطوب الواجهات غالبا ما يكون أصغر من الطوب المضغوط ويلصق على الحوائط بعد بنائها، ويعتبر استعمال طوب الواجهات فى المبانى من أنواع إنشاء الحوائط المزدوجة، وله عدة ألوان مثل الأحمر أو الأصفر أو الرمادى حسب نوع المعادن الموجودة فى الطينة التى يصنع منها . وقوة تحمله للضغط تتراوح بين ١٥٠-١٨٠ كجم/سم٢ والنسبة المئوية لامتصاص الماء تتراوح بين ١٢-١٨، ومقاساته الشائعة حاليا ٢٥×٦×٦ سم أو ٢٣×٤×٤ سم .

٥-الطوب الطفلى:

وهو طوب مفرغ بعيون دائرية يصنع من مادة طفلية تستخرج من مناطق كثيرة فى مصر مثل مناطق غرب السويس ومنطقة بلبيس والعباسى بالشرقية أو قرب حلوان حيث تطحن هذه الطفلة ويضاف إليها مادة كيميائية خاصة وتعجن ثم تشكل القوالب آليا وتحرق فى أفران مجهزة تحت درجات عالية، وينتج هذا الطوب فى مصر حديثا بالمقاسات الآتية : ٢٥×١٢× ٦,٥ سم ، ٢٥× ١٢× ١٠ سم ، ٢١× ١٠×٥.٠ سم ، ويستعمل هذا النوع من الطوب فى

بناء القواطيع والحوائط التى تتعرض لأى أحمال فى المبانى، وقد شاع استخدام هذا النوع من الطوب فى المبانى فى العصر الحديث بعدما قررت الحكومة المصرية منع تجريف التربة الزراعية .

٤-الأدوات المستخدمة فى أعمال البناء :

١-القادوم البناوى :

وهو آلة للقطع والتسوية والنحت ويتكون من رأس من الصلب ذى طرفين أحدهما مبطط والآخر مستو يركب فى يد خشبية ويستخدم القادوم فى تكسير ونجر قوالب الطوب حسب الحاجة وتوضيبها وتوطينها حسب الحاجة فى المبانى، ويعتبر القادوم البناوى العدة الأساسية فى إخراج قوالب الطوب الآجر والمنجور فى شكلها الفنى اللازم للزخرفة .

٢-الميزان البناوى أو خيط الثاقول :

وهو عبارة عن ثقل أسطوانى الشكل معلق بخيط يمر من ثقب بكرة أسطوانية من الخشب طولها مساوى لقطر أسطوانة ويستعمل الميزان البناوى فى ضبط رأسية أوجه الجدران .

٣-الخيط البناوى :

خيط البناء طويل يمتد على مدماك البناء بالجدار ليبنى بحذائه ويصنع الخيط عادة من الكتان المتين ويربط من طرفيه بمسمارين

حدادى يشد منها بطول المدماك فى استقامة واحدة أى أن الخيط البناوى يستعمل لضبط رأسية وأفقية الحوائط أثناء البناء.

٤-مكواة العراميس :

تصنع المكواة من خوصة من الصلب يشكل طرفها حسب الشكل المطلوب للعراميس وتستعمل المكواة لسبك العراميس فى المبانى الظاهرة المتروكة بدون بياض .

٥- مسمار تفريغ اللحمات :

وهو قطعة صغيرة من أسياخ الحديد طرفها مدبب أو مبطط، مركبة فى يد خشبية وتستعمل المكواة فى تفريغ مونة العراميس بين المداميك .

٦- المسطرين :

هو أداة تستخدم لفرش المونة على المدماك ولتوطين القوالب ويتكون من يد من الخشب أو المطاط وكف من المعدن وله أشكال ومقاسات مختلفة ومتعددة .

٧-القدة :

هى أداة تستخدم لسطح أوجه المبانى ولضبط الأفقى مع ميزان المياه وتصنع من خشب زان أو سويد أو ألومنيوم .

٨-ميزان المياه :

هى أداة تستخدم لضبط رأسية وأفقية الحوائط وتصنع من أنبوبة من الزجاج قطاعها العرضى دائرة مملوءة إلا قليلا منها بالكحول أو الايثير لأنهما أقل تماسكا وأسرع حركة من الماء ويتمتعان إلى درجة كبيرة بخاصية التجمد عند درجة حرارة منخفضة جدا ولأن معامل تمدد كلا منهما أكبر من معامل تمدد الماء. وبعد إقفال الأنبوبة تكون المسافة الصغيرة المتروكة المملوءة بالهواء وبخار السائل المستعمل فقاعة تتحرك بتحرك الأنبوبة وتأخذ دائما اتجاه أعلى نقطة فيها تبعا لقانون الكثافات، وحيث أن طول الفقاعة يصغر بنسبة كبيرة فى الأجواء الحارة فلتحديد توسطها للأنبوبة يحفر على سطح زجاجها خطين على مسافتين متساويتين من منتصفها، وقد يصنع هذان الخطان فى سطح غطاءها النحاسى الذى يترك وسطه خاليا لكى يمكن منه رؤية الفقاعة، وهذه الأنبوبة مثبتة فى تجويف مساو لها مصنوع فى سطح قدة صغيرة من الخشب بحيث يكون محور الأنبوبة موازيا لقاعدة القدة، وقد تكون الأنبوبة الزجاجية ملتوية على شكل زاوية قائمة لإمكان استعمال ميزان المياه فى ضبط رأسية وجه الحائط أيضا .

٩-الزاوية القائمة :

هى أداة تستخدم فى ضبط زوايا تقابل الحوائط، وتكون من الخشب أو الألومنيوم أو الاستانلس ستيل .

١٠-شريط القياس :

هو أداة تستخدم لقياس المسافات ويختلف فى أطواله ويصنع من المعدن أو القماش أو الخشب.

١١-القصعة :

هى وعاء مستدير على شكل قطعة من سطح كرة وتصنع من الصاج بقطر يتراوح بين ٤٠-٥٠سم وتستعمل فى نقل المونة .

١٢-صندوق الكيل :

ويصنع عادة من الخشب ويستخدم لمعايرة المون المستخدمة فى أعمال البناء وهو ثلاثة مقاسات :

- صندوق حجمه ١ م٣ (١× ١× ١ م).
- صندوق حجمه ½ م٣ (١× ١× ٠,٥ م).
- صندوق حجمه ¼ م٣ (١× ١× ٠,٢٥ م) .

١٣-المهزة :

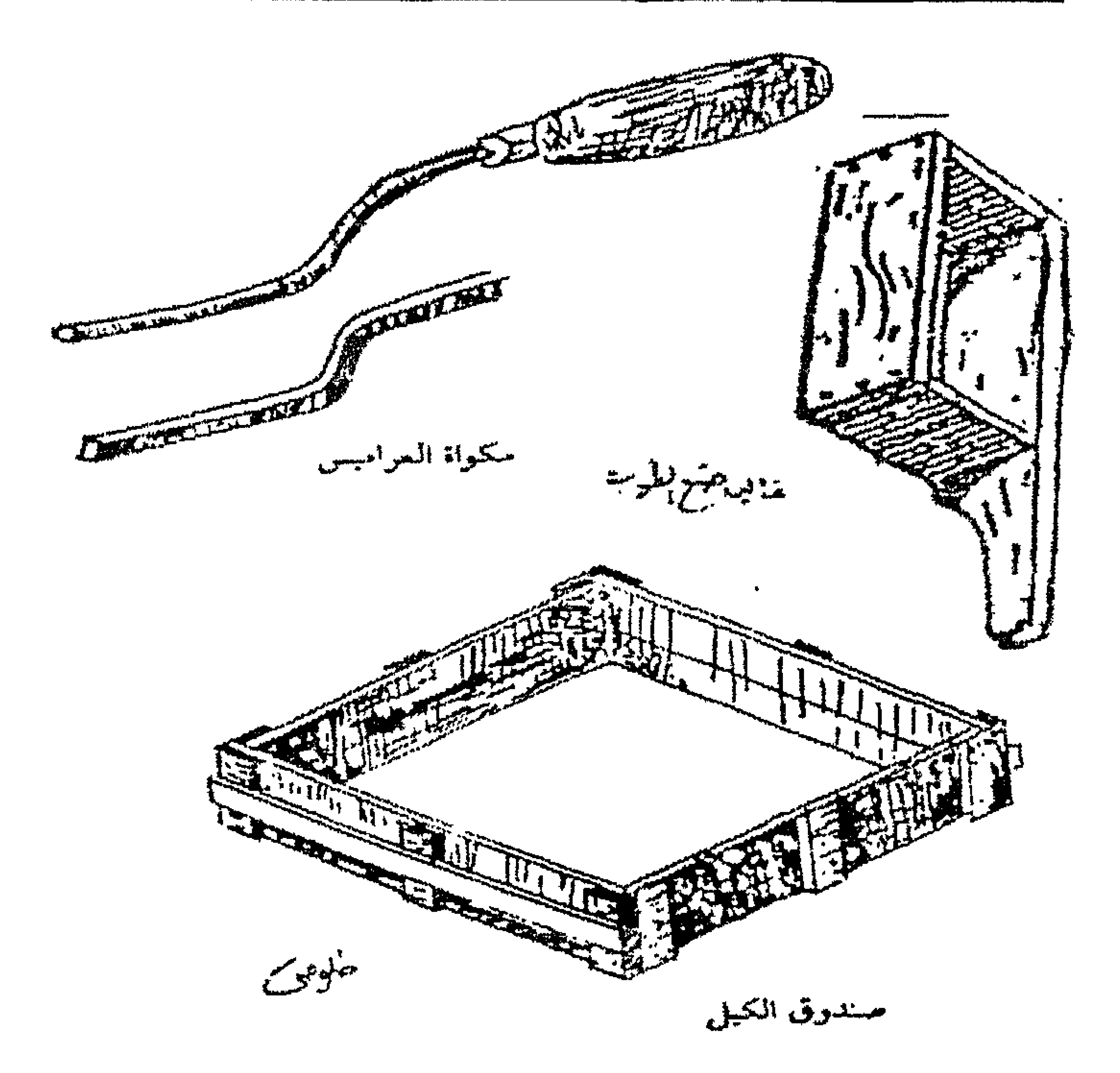
تتركب من إطار من الخشب بمقاس ١م × ٦٠ سم تقريبا وبارتفاع نحو ٢٠ سم ومركب به يدان على استقامة جانبيه الطويلين

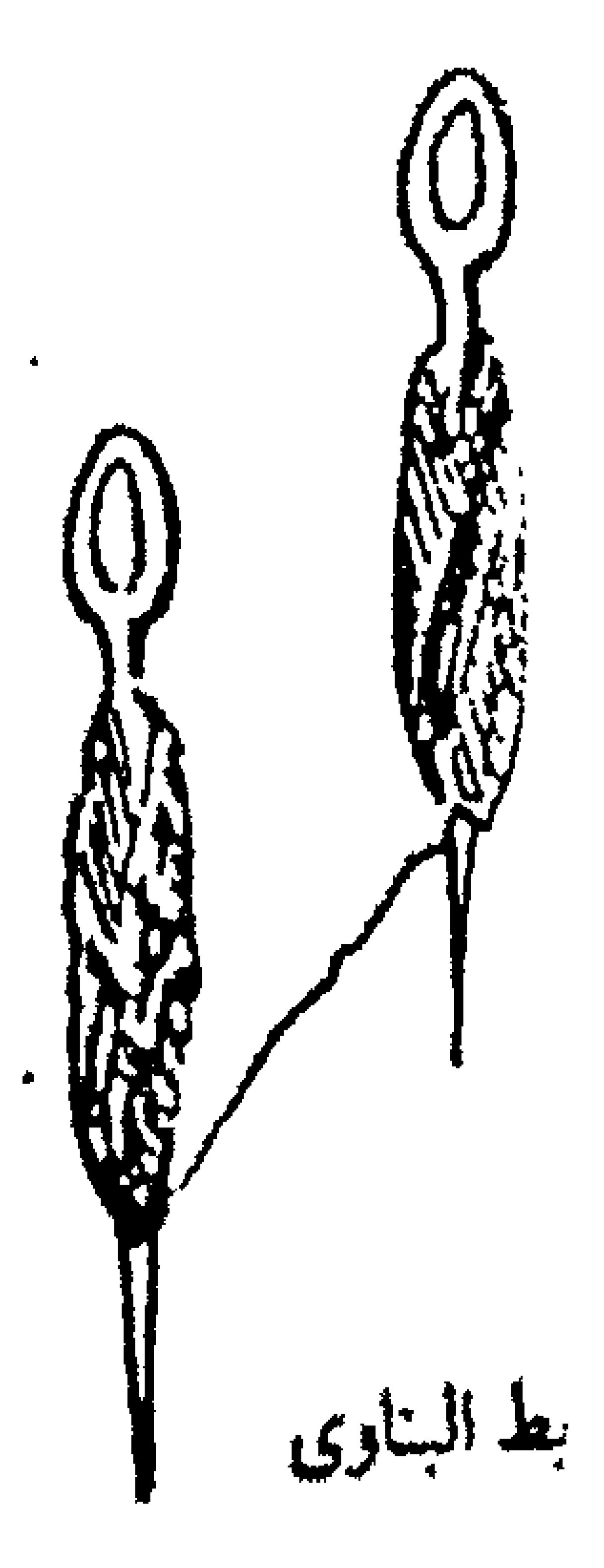
ومثبت فى قاعه شبكة من أسلاك الـصلب المنـسوجة ذات عيـون تختلف سعتها باختلاف الأغراض التى تستعمل من أجلها، وتستعمل فى هز مواد البناء قبل خلطها كما تستعمل فى هز المون بعد خلطها على الناشف .

١٤-التكنة :

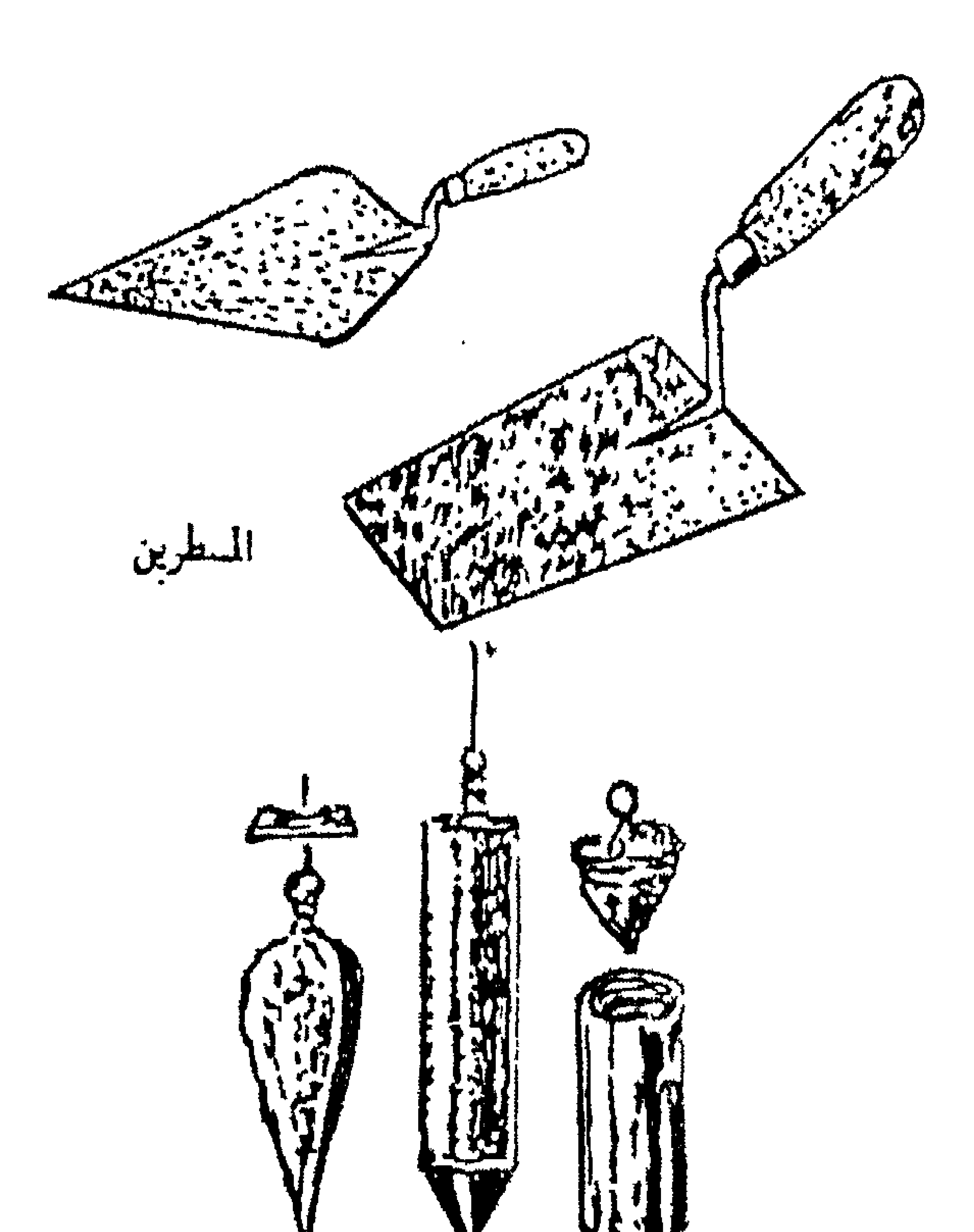
عبارة عن صندوق مفتوح من الخشب على هيئة هرم رباعى ناقص قاعدته العليا مفتوحة، توضع المونـة فيهـا أمـام البنـاء أو المبيض وقت العمل ليأخذ منها حاجته بالمسطرين .

وفيما يلي أشكال توضح الأدوات المستعملة في البناء :





بط البناوى



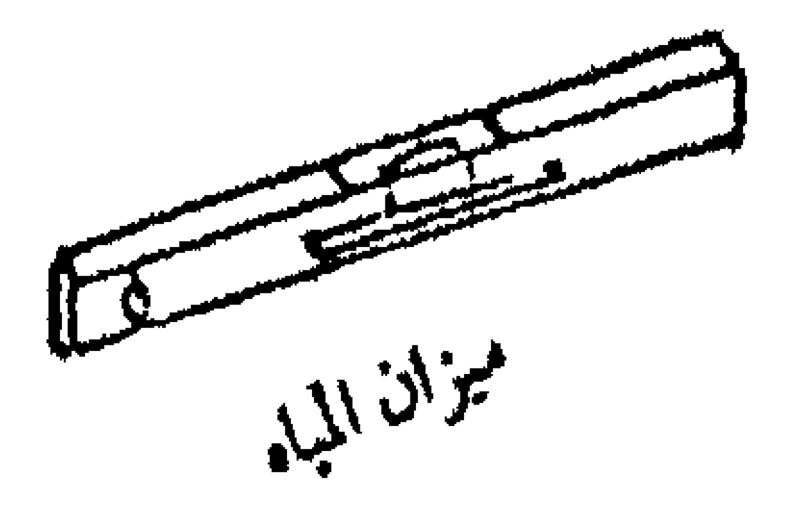
المسطرين

ميزان الخيط أو الزمبه

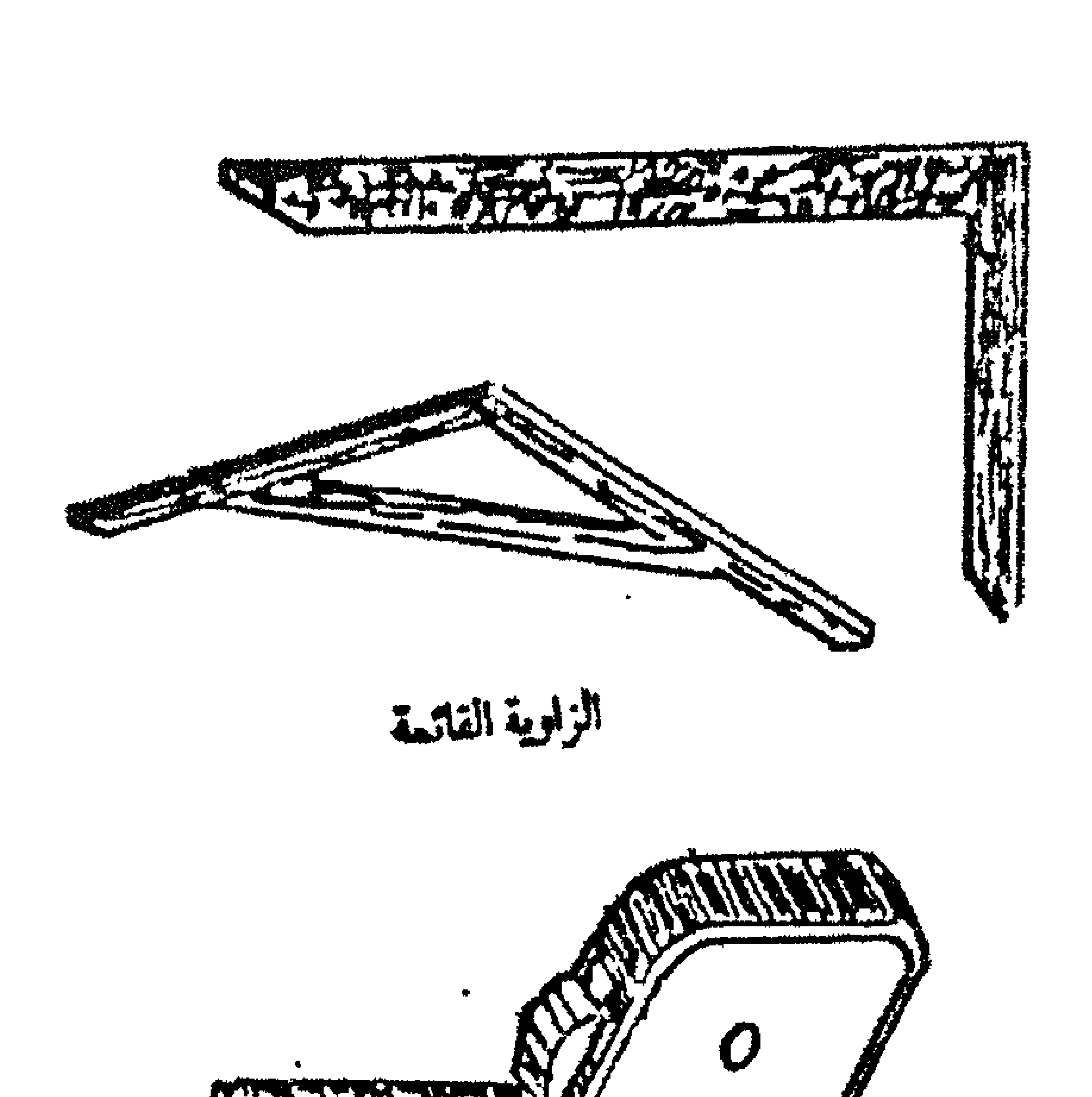
طوله من ١,٥٠ : ٣,٠٠ متر

خشب زان أو سويد مستعمل

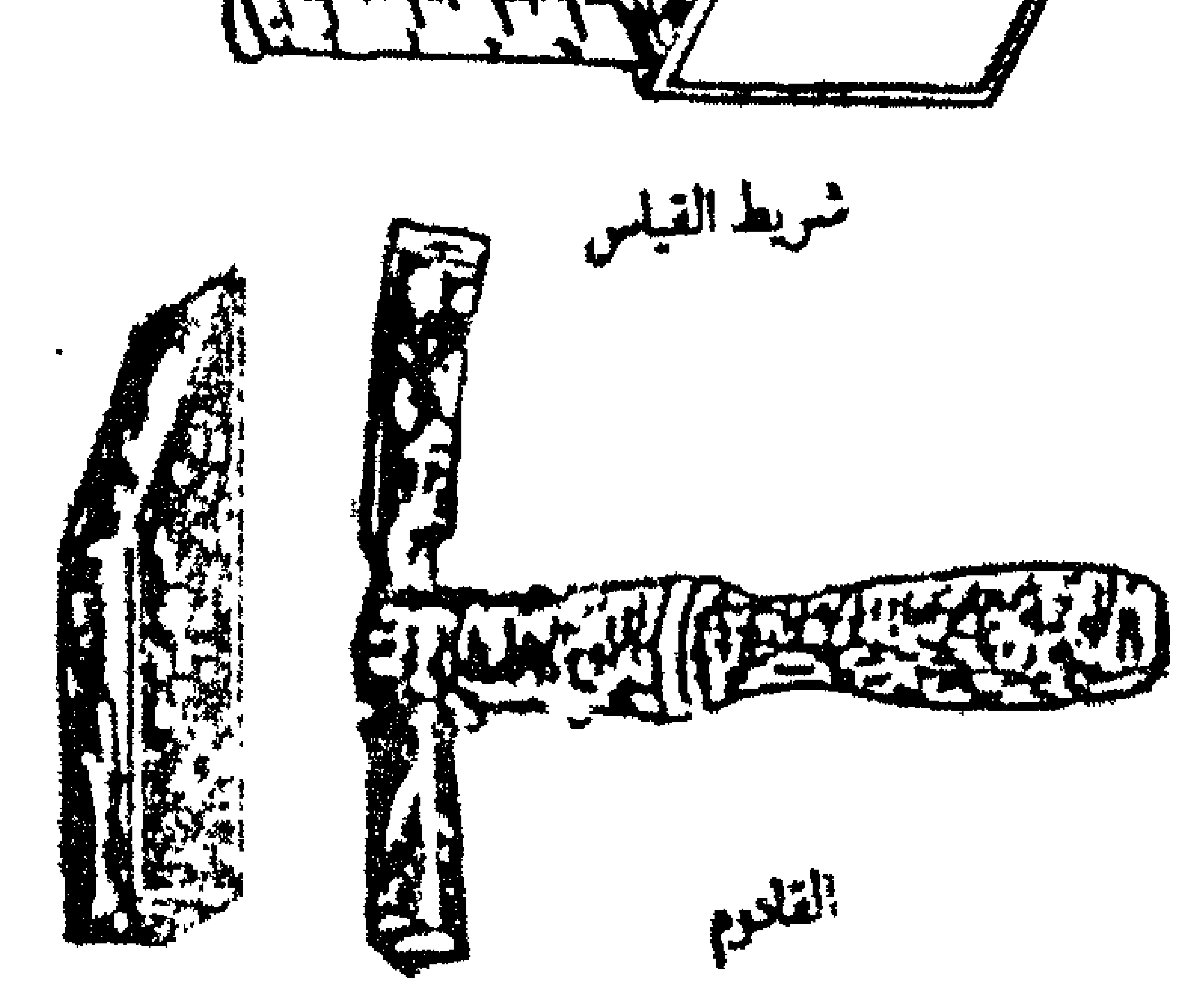
القده



ميزان المياه



الزاوية القائمة



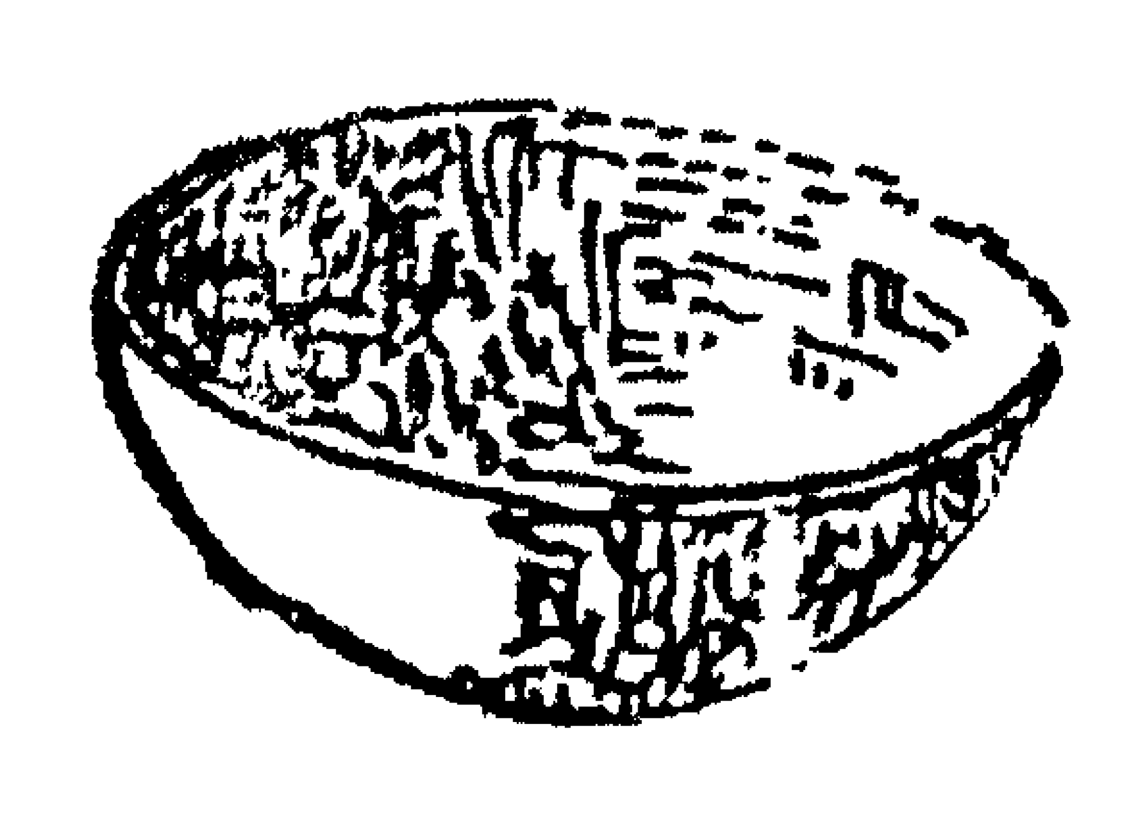
شريط القياس

القادوم

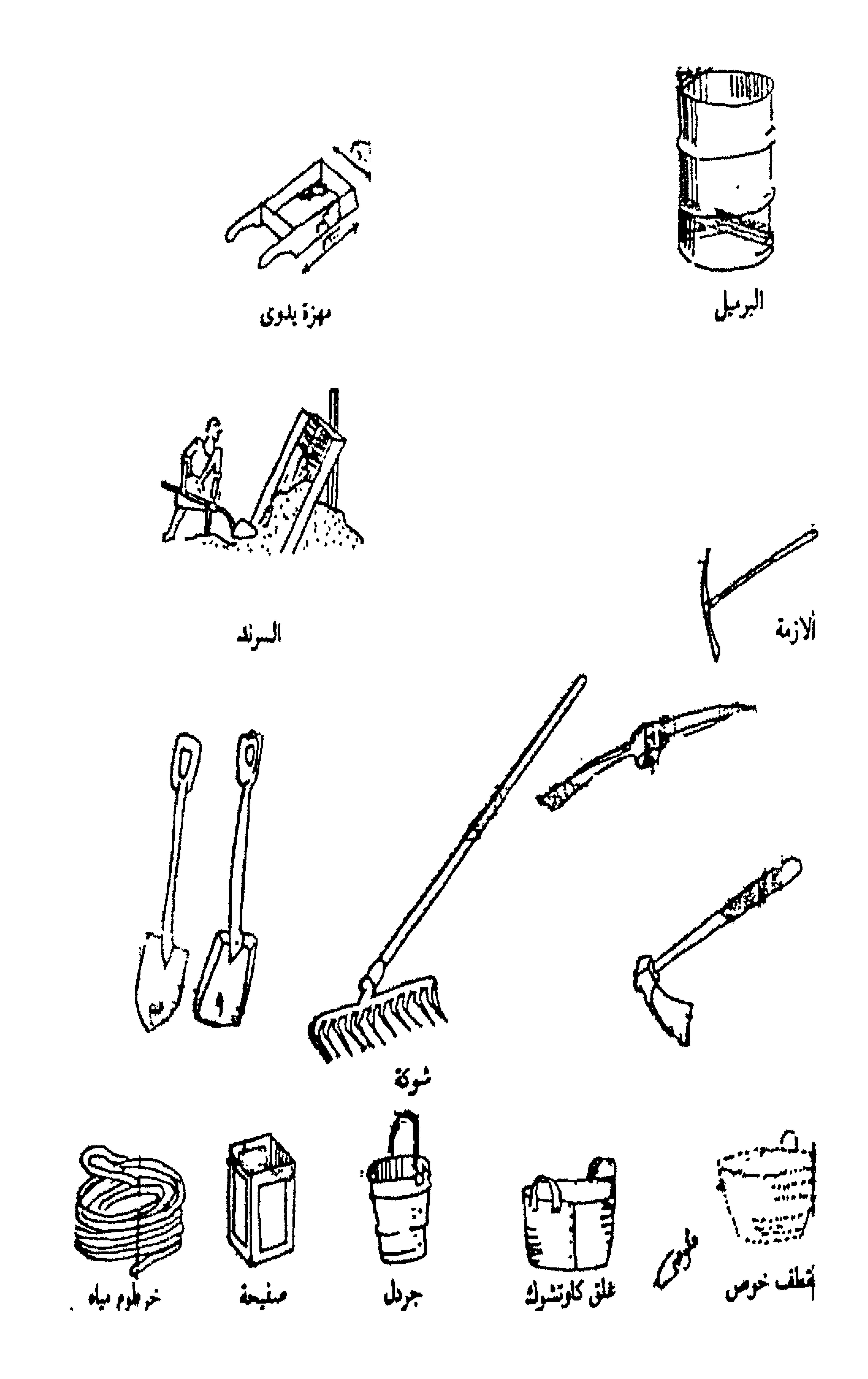


مسمار تفريغ العراميس

مُلوص



القروانه


البرميل
مهزة بلدى
الأزمة
السرند
شوكة
مقطف خوص
غلق كاوتشوك
جردل
صفيحة
خرطوم مياه

٥- اختبارات الطوب:

الطوب الجيد يجب أن يكون :

- متجانسا فى لونه وتركيبه الكيميائى .
- خالى من المواد الجيرية .
- منتظم الشكل والأبعاد .
- محروقا حرقا جيدا .
- مقاوما لتأثير العوامل الجوية .
- مقاوما للاحتكاك والضغوط العالية
- قليل المسام .
- له رنين عند الطرق عليه .
- يسهل كسره بالمسطرين إلى قطعيات صغيرة .
- خالى من الأملاح الذائبة .

لذلك فإنه يلزم إجراء عدة اختبارات للطوب المستخدم فى البناء والترميم، وفى نفس الوقت تجرى اختبارات مشابهة على عينات من الطوب المستخدم فى المنشآت الأثرية، وذلك بهدف اختيار الطوب المناسب لعمليات الترميم، وقبل كل ذلك يجب معرفة أبعاد الطوب القديم ومقارنتها بأبعاد الطوب الحديث، إذ أن اختلاف الأبعاد قد يؤدى إلى اختلاف رص مداميك الطوب فى المبانى القديمة.

*ومن أهم الاختبارات التى تجرى لطوب البناء *:*

١- اختبار الامتصاص Absorption:

يجرى هذا الاختبار لتحديد النسبة المئوية لامتصاص طوب البناء للماء وحساب معامل التشبع، وذلك لأن معدل امتصاص الطوب للماء يشير إلى سلوك جدران الطوب عند تعرضها للمؤثرات الخارجية خاصة الرطوبة والمياه، وكلما انخفض معدل الامتصاص كلما زادت مقاومة الطوب لتأثير العوامل الطبيعية والمؤثرات الجوية، وكلما زاد معدل الامتصاص كلما زادت مسامية الطوب وانخفضت قدرته على مقاومة الأحمال التى يتعرض لها .

٢- اختبار المسامية Porosity:

يجرى هذا الاختبار لتحديد نسبة الفراغات أو الأخلية بين حبيبات الطوب بالمقارنة بالحجم الكلى للعينة المختبرة، وأيضا قياس حجم المياه الذى يملأ هذه الفراغات لمعرفة قدرة الطوب على امتصاص المياه ومحاليلها من المصادر المختلفة " تربة – مياه جوفية – أمطار .. إلخ " والتى تزداد بزيادة مسامية الطوب .

* تجرى الاختبارات فى معامل المواد بكليات الهندسة أو مراكز البحوث المتخصصة ولها أجهزتها ومعادلاتها الرياضية.

وقياس المسامية يفيد كثيرا العاملين فى علاج مباني الطـــوب خاصة إذا تقرر تقوية الطوبات بـــالمواد الكيميائيـــة أو اســـتخلاص الأملاح الذائبة منها بطريقة الكمادات .

٣-اختبار الانكماش بالجفاف Drying shrinkage:

يجرى هذا الاختبار لتحديد النسبة المئوية لانكماش الطـــوب بعد الجفاف، أى التغير فى الأبعاد الطولية الذى يحدث فى الطوبـــة المحروقة نتيجة تغير نسبة ما تحتويه من رطوبة، وكلما كانت نسبة الانكماش صغيرة كلما كان الطوب جيدا صالحا للبناء ..

وترتبط هذه الخاصية بالتمدد الذى يحدث للطوب الأحمر بعد تبريده والذى يسمى التمدد الرطوبى Moisture expansion وهذا التمدد يرتبط بدوره بدرجة حرق الطوب . فكلما كان الطوب جيد الحـــرق كلما قلت نسبة امتصاصه للرطوبة أو المياه، كلما قلت النسبة المئوية للانكماش عند الجفاف .

٤-اختبار مقاومة الضغط Conpressibe strength:

يجرى هذا الاختبار لتحديد مقاومة الطوب للأحمـــال . وقـــد اتفق المتخصصين على اعتبار سطحا الطوبة الأفقيان عند بنائها فى الحائط سطحى التحميل . وتحسب الأبعاد الأفقية لكـــل ســـطح مـــن

أسطح التحميل إلى أقرب ملليمتر وتأخذ المساحة الـصغرى لأحـد السطحين فى حساب مقاومة الضغط .

وتتأثر مقاومة الضغط للطوب بنوع الطفلة المـستخدمة فـى التصنيع ودرجة الحريق ونسبة الأملاح الذائبة وعلى الشكل والمقاس ونسبة الفـــراغات فى العـــينات المختبـرة . وتقـدر مقاومـة الانضغاط بالكيلو جرام / سم٢ .

٥-اختبار التزهير Efflorescence:

يجرى هذا الاختبار لتحديد نسبة الأملاح الذائبة الموجودة فى الطوب والتى تظهر عادة على سطح الطوب بعد تشربه للمـاء ثـم جفافه، وتظهر أيضا على سطح الحوائط المشيدة حديثا بعد الجفاف، وتظهر كذلك على أسطح المبانى الأثرية المبنية بالطوب الأحمر إذا غمـرت بالميـاه . وتعـرف هـذه الظـاهرة بظـاهرة التزهيـر Efflorescence.

ويوصف التزهير بدرجاته الآتية :

- **تزهير معدوم** :إذا لم يشاهد تزهير ما على سطح الطوب.
- **تزهير خفيف**: إذا شوهدت رواسب ملحية خفيفة لا تزيد على ١٠% من مساحة الطوب.

- **تزهير متوسط** : إذا شوهدت رواسب ملحية تقل عن ٥٠% من مساحة الطوبة على ألا يصحب ذلك تفتيت أو تقشير فى السطح .
- **تزهير ثقيل** : إذا غطت الرواسب الملحية ٥٠% أو أكثر من سطح الطوبة دون أن يصحب ذلك تفتت أو تقشير للسطح .
- **تزهير ثقيل جدا:** إذا ترسب الملح بكثرة على سطح الطوبة وصحب ذلك تفتت أو تقشير للسطح أوكلاهما معا مع ميل للزيادة كلما تكرر بلل العينة بالماء .

الفصل الخامس

اللون

المون : تعريفها ووظيفتها :

المونة : هى المادة الرابطة التى تربط مواد البناء الأساسية كالحجر والطوب افقيا ورأسيا لتكوين وحدات تسمى الحوائط التى تشكل فى مجملها ما يسمى المبانى ، ولا يزيد سمك المونة فى المعتاد عن ٤ سم. وعلى الرغم من أن المونة لا تمثل سوى أقل من ٧% من إجمالى حجم حوائط المبنى إلا أنها ذات تأثير كبير فى هذه الحوائط أعلى من نسبة وجودها ، فهى من الناحية الجمالية Aesthetically تضيف إلى المبنى لونا Color ونسيجا Texture جميلا ، كما أنها العامل الرئيسى وراء إظهار المبنى على الصورة التى تخيلها المصمم واراد لها الظهور على أرض الواقع . ومن الناحية الوظيفية Functionally تقوم المونة بربط الوحدات الفردية مع بعضها وتجعلها كتلة واحدة كما تقوم بربط وتثبيت الوصلات الإنشائية والدعائم اللازمة لإنشاء المبنى .

كذلك تقوم المونة بتوزيع الأحمال الواقعة على الحوائط بالتساوى على جميع الوحدات المكونة للمبنى، كما تعمل كمادة عازلة للصوت ، وتمنع تسرب الرطوبة والهواء من بين وحدات البناء. وبصفة عامة تتوقف متانة المبنى على نوع المونة المستخدمة وخواصها، كما تتوقف كفاءة وسرعة الإنجاز على جودة مكونات المونة، ونسب خلط هذه المكونات والمدى الزمنى للاستعمال فى البناء أو البياض أو الخرسانة.

المكونات الأساسية للمون

١- المواد اللاصقة أو الرابطة Cementing Materials:

كالاسمنت بأنواعه ، والجير والجبس .. وغيرهم وكل من هذه المواد يجب أن يطابق المواصفات القياسية الخاصة به .

٢- الركـــــام Aggregates:

وأنواعه الرمل ، وكسر الحجر، والحمرة، ومخلفات وقود الحريق، ويجب أن يطابق كلا منها المواصفات الخاصة به.

٣- مياه الخلط Mixing water:

وتعتبر المياه العذبة الصالحة للشرب صالحة أيضا للاستعمال فى خلط المون.

أنواع المون المستعملة فى البناء

إن متانة أى مبنى وقوة تحمله كما سبق الذكر ومقاومته للعوامل الجوية تتوقف على عدة عوامل منها نوع المونة المستعملة، لذا يجب اختيار نوع المونة بحيث تتناسب مع قوة المواد المستعملة ، فمثلا إذا استعملت مونة ضعيفة فى إنشاء مبنى مكون من طوب جيد له قوة تحمل كبيرة فان المبنى يكون عرضه للتصدع والانهيار.

لذلك فان المهندس يجب عليه اختيار النوع الصالح من المونة مثلما يختار النوع المناسب من الطوب للمبانى.

وقد أمكن تقسيم مون البناء إلى قسمين طبقا للغرض من استعمالها وكذلك طبقا للمواد الداخلة فى تركيبها.

أولا: تقسيم المون طبقا للغرض الإنشائى:

تنقسم المون طبقا لغرض الاستعمال إلى:

أ- مون أساسات .

ب - مون حوائط .

ج - مون بياض .

د - مون خرسانة مسلحة أو عادية .

ولكل نوع من هذه المون استخدام معين، ونسب معينة لخلط مكوناته، لتؤدى الغرض المطلوب من استعمالها . فمون الأساسات يجب أن تكون مقاومة للرطوبة والأملاح الموجودة فى التربة الملامسة للحائط ، وتزيد فيها نسب المواد الرابطة. أما مون البناء فتقل فيها نسب المواد الرابطة ، وذلك لأنها لا تتعرض لنفس ظروف مون الأساسات ، فى حين أن مون البياض تشبه مون البناء، غالبا فى التركيب إلا أن الرمل (المادة المالئة)المستعمل فيها يكون أكثر نعومة من ذلك المستعمل فى مون البناء، ومون الخرسانة تختلف كثيرا عن المون السابقة إذ يدخل فى تركيبها الزلط مع الرمل كركام أو مواد خاملة مالئة.

ويلاحظ أنه قبل خلط مواد المون يجب اختيار هذه المواد من أحسن الأصناف وأجودها ، كما يجب خلطها على الناشف بالنسبة الصحيحة بعد هزها لتنقيتها من الشوائب أو المواد الغريبة ثم يضاف إليها الماء العذب النظيف بكمية كافية ، وذلك للحصول على المونة المطلوبة.

ثانيا : تقسيم المون طبقا لعناصرها:

أ - مونة الطين :

يعتبر طمي النيل هو المكون الأساسى لهذا النوع من المونة ، وذلك بعد خلطه بالماء ، مع إضافة نسبة من الرمل الناعم أو التبن أو روث الحيوانات لهذا الخليط وقد ثبت استخدام هذا النوع من المونة فى المبانى المصرية القديمة التى شيدت من الطوب اللبن الذى يرجع تاريخه الى الأسرة الثالثة الفرعونية حيث وجد أمثلة قديمة على استعمال مونة الطين فى أعمال البناء.

ب - مونة الجبس:

شاع استخدام مونة الجبس فى المبانى الحجرية فى مصر القديمة، حيث كان يتم إحراق خام الجبس الطبيعى حتى يتحول الى مسحوق ناعم ، وعند الاستخدام يضاف إليه الماء ويخلط جيدا لتكوين مونة الجبس التى تتحول بعد التصلد إلى مادة شديدة التماسك والصلابة.

ج – مونة الجير:

استخدمت مونة الجير فى مصر منذ العصر الرومانى، حيث كان يتم تكليس الحجر الجيرى لإنتاج ما يعرف بالجير الحى ، الذى كان يستخدم بعد إطفائه بالماء وخلطه بالرمل لتكوين مونة بناء تتصلد نتيجة لامتصاص الجير المطفأ لثانى أكسيد الكربون من الجو وعودته إلى طبيعته الأولى قبل إجراء عملية التكليس.

د – مونة القصروميل :

هى المونة التى يستخدم فيها نواتج حرق المخلفات فى المقالب العمومية (حرق القمامة) أو رماد المستوقدات أو الحمامات أو كوش الجير والفخار وخلافه وتسمى : قصروميل حيث يتم جلب القصروميل ويخلط بالطمى أو الرمل أو الجير ثم يضاف الماء إلى الخليط لتكوين عجينة مونة مناسبة للبناء وقد ثبت استخدامها فى معظم العمائر الإسلامية فى مصر.

هـ – مونة الحمرة :

هى المونة التى يستخدم فيها مسحوق الطوب المحروق أو كسر الفخار ويضاف إليها الجير أو الجبس ثم يضاف الماء للخليط ، وذلك للحصول على قوام مناسب للاستخدام، وقد استخدم الرومان هذه المادة المأخوذة من الطوب المحروق Low- Fired Bricke لتعطى خواص بوتسولانية لمونة الجير والرمل .

و – مونة البوتسلانة :

ويتم تجهيزها من المواد البوتسلانية أو الصناعية والتى مع كونها ليست ذات قدرة لاصقة أو أسمنتية إلا أنها تتفاعل مع الجير فى وجود الماء لتكوين موادا ذات خواص اسمنتية.

ز– مونة الأسمنت :

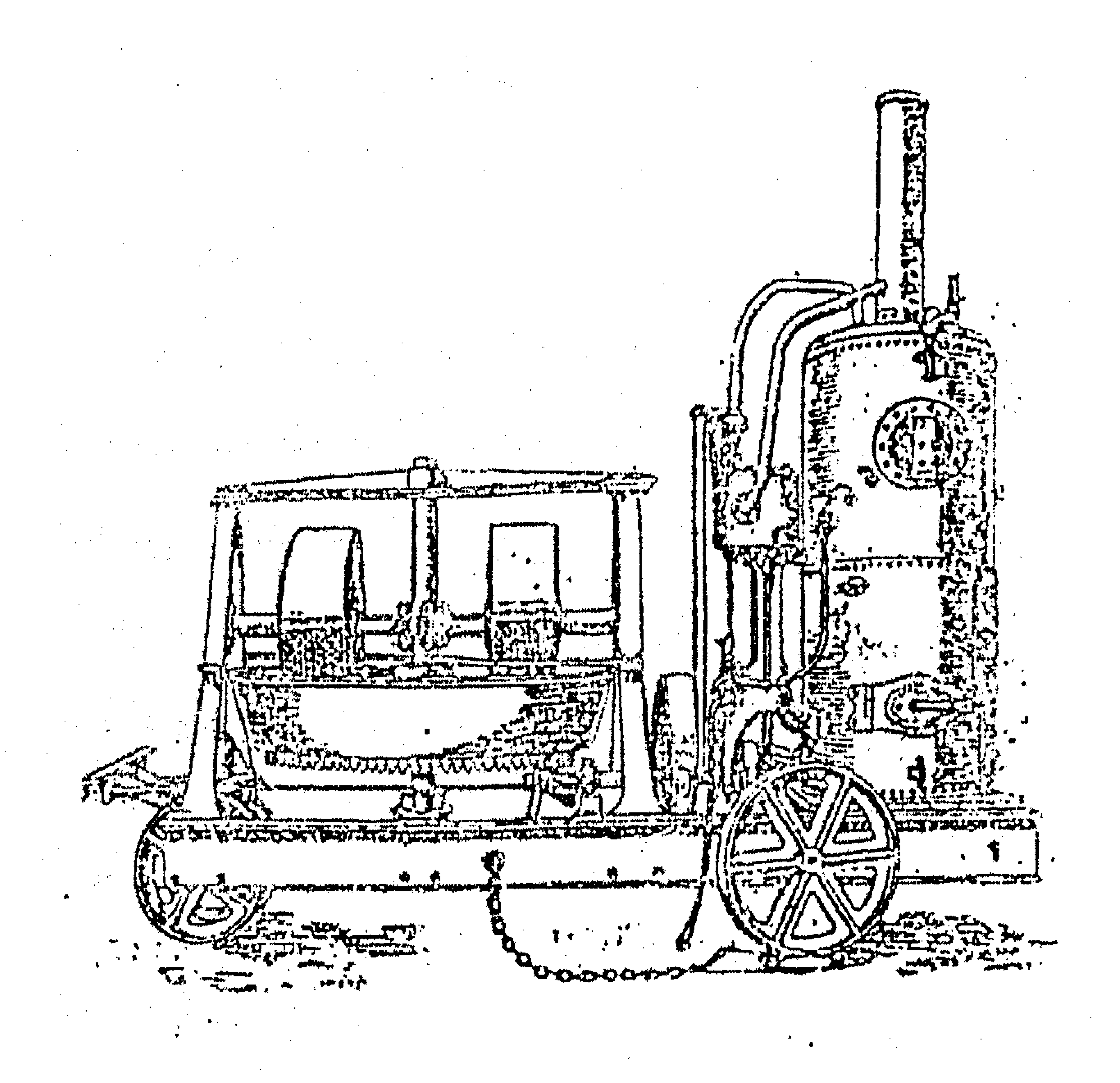
الاسمنت هو المادة الأساسية فى هذه المونة ، وهو عبارة عن مسحوق رمادى ناعم يتم خلطه جيدا مع الرمل ثم يضاف إليه الماء للحصول على مونة مناسبة لأعمال البناء أو البياض أو الخرسانة .

خلط المون :

تخلط مواد المون "المادة الرابطة والرمل والماء" بالحجم أو بالوزن فى خلاطة ميكانيكية انظر الشكل رقم (٩) لمدة لا تقل عن ثلاثة دقائق وبأقل كمية ممكنة من الماء للحصول على خلطة متجانسة ، ذات تشغيلية مناسبة ،ويسمح بالخلط اليدوى فى الأعمال الصغيرة حيث تخلط المواد مع كمية كافية من الماء للحصول على مونة متجانسة قابلة للتشغيل.

وكانت المون تخلط فى العصور القديمة باليد والأقدام ثم بمساعدة الفأس التى كانت تصنع من الحديد ويدها من الخشب وما زالت المون حتى الآن تخلص يدويا بمساعدة المسطرين والجاروف أو الكوريك والفأس أيضا .

ويراع عند خلط المونة لأى جزء من الأجزاء أن تتناسب فى كميتها مع حجم العمل حتى يمكن استخدامها قبل أن تبدأ فى الشك . وبمجرد أن يبدأ المخلوط فى التيبس يجب التخلص منه ، ولا يسمح بإضـــافة أى مياه إليه لا عادة استعماله مرة ثانية أيضا .



شكل رقم (١٣) يوضح خلاطة ميكانيكية لخلط المون آليا

رتبة المونة ونوعها بعناية تبعا للمتطلبات الإنشائية وأن يؤخذ فـــى الاعتبار نوع وحدة البناء ونوع المبنى وموقع الحائط المستخدم فيـــه المونة ودرجة تعرضه للظـــروف الخارجيـــة أو المحيطـــة ، مـــع الاسترشاد بخواص المونة ، والتى تم تحديدها بحيث تعطى للمونـــة المقاومة المناسبة والمتوافقة مع وحدات البناء.

أما التشغيلية المناسبة فيتم اختيارها بما يساعد القائم بعمليـــة البناء الحصول على أقصى معدل إنتاج ممكن لإتمام العمل بمعـــدل اقتصادى مقبول.

وعند اختيار نوع المونة يجب معرفة ما إذا كان الأساس هو مقاومة الضغط فقط أم أن هناك ضوابط إنشائية أخـــرى يجـــب أن تؤخذ فى الاعتبار عند اختيار المونة مثل : الالتصاق بين الوحـــدات والمونة فى الحوائط المعرضة لعزوم عرضية.

نسب خلط المون :

وفيما يلي نذكر نسب خلط مكونات بعض المون المـــستعملة في البناء:

أولا: مون الأساسات

أ – مونة مكونة من :

- جير مطفأ : بنسبة جزء واحد ١ أو ٣ أجزاء.
- طين : بنسبة جزء واحد أو ٢ جزء.

ويلزم لتكوين متر مكعب واحد أن تؤخذ المقادير الآتية:

- ٠,٧٣٠ متر مكعب جبر دسم.
- ٠,٧٣٠ متر مكعب طين

ب – مونة مكونة من :

- جير بنسبة جزء واحد.
- طين . بنسبة جزء واحد.
- حمرة . بنسبة جزء واحد.

ويلزم لتكوين متر مكعب واحد من المونة السابقة أخذ المقادير الآتية:

- ٠,٥٠٠ متر مكعب من الجير المطفأ
- ٠,٥٥ متر مكعب ن الحمرة المهزوزة
- ٠,٥٠٠ متر مكعب من الطين

جـ – مونة مكونة من :

- جير بنسبة ١ أو ٢ جزء
- حمرة بنسبة ١ أو ١,٥ جزء.
- رمل بنسبة ١ أو ١,٥ جزء.

ويلزم لتكوين متر مكعب واحد من المونة المنتهية الي المقادير الآتية:

- ٠,٥٠٠ متر مكعب جير مطفأ
- ٠,٥٠٠ متر مكعب حمرة
- ٣/١ متر مكعب رمل

د- مونة مكونة من :

- جير : بنسبة ١ جزء
- حمرة : بنسبة ١ جزء

ويلزم تكوين ٠,٧٢م٣ مونة منتهية مقدار:

- ٣,٥ م٣ جير
- ٠,٣ م٣ حمرة

هـ - مونة مكونة من :

- جير : بنسبة ١ جزء
- رمل : بنسبة ٢ جزء
- بوتسلانة: بنبة ٣ جزء

ويلزم لتكوين متر مكعب واحد مونة منتهية إلي المقادير الآتية:

- ٠,١٤٥ متر مكعب من الجير
- ٠,٢٨٥ متر مكعب من الرمل
- ١,٠٠٠ متر واحد مكعب من البوتسلانة

و - مونة مكونة من :

- جير: بنسبة ١ جزء
- رمل : بنسبة ٢ جزء
- أسمنت : بنسبة ١٠٠ كجم

ويلزم لتكوين متر مكعب واحد مونة منتهية المقادير الآتية :

- ٠,٥ م٣ جير
- ١ م٣ رمل
- ١٠٠ كجم اسمنت

ز – مونة مكونة من :

– أسمنت : بنسبة ١ أو ٢ بالحجم

– رمل : بنسبة ٣ أو ٤ بالحجم

ولعمل مونة بنسبة ١ : ٣ بوضع المقادير الآتية :

- ٤٥٠ كجم أسمنت
- ١ م٣ رمل

لتعطى متر مكعب واحد مونة منتهية .

ثانيا : مون البناء

١ – مون البناء بالطوب الأحمر والطوب اللبن:

أ– مونة مكونة من :

– الجير: بنسبة ١

– والحمرة : بنسبة ١

– والرمل : بنسبة ١

ويلزم المقادير الآتية للحصول على متر مكعب واحد من المونة المنتهية:

- ٠,٥ م٣ جير مطفأ
- ٠,٥ م٣ حمرة مهزوزة
- ٠,٥ م٣ رمل مهزوز

ب- مونة مكونة من :

- الاسمنت : بنسبة ١ أو ١ أو ١
- الجير : بنسبة ٠,٢٥ أو ١ أو ٢
- الرمل : بنسبة ٣ أو ٦ أو ٩

ويلزم لتجهيز متر مكعب واحد م المونة بنسبة ١ : ٢٥ر٣:٠ المقادير الآتية:

- ٥٠ -١٠٠ كجم أسمنت
- ٠,٥ م٣جير
- ١ م٣ رمل

ج - مونة مكونة من :

- جير : بنسبة ١ جزء
- طين : بنسبة ١ جزء

د - مونة مكونة من :

- جير : بنسبة ٢ جزء
- طين : بنسبة ٠,١ جزء
- رمل : بنسبة ٢ جزء

هـ - مونة مكونة من :

- جير : بنسبة ٢ جزء

- طين : بنسبة ١ جزء

- حمرة : بنسبة ١ جزء

و - مونة مكونة من :

- جير : بنسبة ٢ جزء

- حمرة : بنسبة ٣ جزء

ز - مكونة مكونة من :

- جير : بنسبة ١ أو ٢ جزء

- حمرة : بنسبة ١ أو ١,٥ جزء

- رمل : بنسبة ١ أو ١,٥ جزء

ح - مونة مكونة من :

- جيز : بنسبة ١ أو ٢ جزء

- رمل : بنسبة ٢ أو ٣ جزء

ط - مونة مكونة من :

- أسمنت بنسبة ١ جزء

- رمل بنسبة ٣ جزء

٢- مونة البناء بالحجر:

أ - مونة مكونة من :

- جير بلدى : بنسبة ١ جزء
- رمل : بنسبة ٢ جزء

ويذكر Mckay أنه فى المبانى الحجرية يجب أن تختبر عدة مونات للوصول إلى مونة ذات لون مناسب للحجر.

وفيما يلي مونة تستخدم أحيانا لحوائط الحجر الرملي :

- أسمنت بورتلاندى : بنسبة ١ جزء
- رمل : بنسبة ١ جزء
- جير: بنسبة كمية قليلة

وفي حوائط دبش الطوب الرملي Rubblen walls يمكن استخدام المونة الآتية:

- أسمنت : بنسبة ١ جزء
- رمل : بنسبة ٤ جزء

أما في حوائط الحجر الجيرى فيذكر Mckay التركيبة الآتية :

- اسمنت : بنسبة ١ جزء
- جير : بنسبة ٢,٥ جزء
- بودرة حجر بنسبة ٣,٥

ب – مونة مكونة من :

– جير بلدى : بنسبة ٢ جزء أو جير مائى بنسبة ١ جزء

– رمل : بنسبة ٣ جزء أو رمل بنسبة ٤ جزء

وذلك للمباني الدبش أعلي الطبقة العازلة.

ج – مونة مكونة من :

– جير بلدى : بنسبة ١ جزء

– حمرة : بنسبة ١ جزء

– رمل : بنسبة ١ جزء

وذلك للمباني الدبش أعلي الطبقة العازلة وتحت سطح الأرض.

د – مونة مكونة من :

– أسمنت : بنسبة ١ جزء

– رمل : بنسبة ٤ جزء

وذلك للمباني تحت الطبقة العازلة والبناء بالحجر النحيت .

هـ– مونة مكونة من :

– أسمنت : بنسبة ١ جزء أو ٢ جزء

– رمل : بنسبة ٢ جزء أو ٢ جزء

وذلك للمباني الغاطسة في الماء.

و - مونة مكونة من :

- اسمنت : بنسبة١ جزء
- رمل : بنسبة ٣ جزء

وذلك للمباني بالحجر التي تتحمل أثقالا كبيرة.

ز- مونة مكونة من :

- أسمنت : بنسبة ١٠٠ كجم/م٣ من الخلطة
- جير بلدى : بنسبة ٢ جزء
- رمل : بنسبة ٣ جزء

وذلك للبناء بحجر النحيت .

ثالثا : مون البياض

وتصنع عادة من نفس مواد البناء ، إلا أن الرمل المستعمل فيها يكون أكثر نعومة، كما أن الغرض منها يكون تسوية أسطح المبانى الداخلية أو الخارجية . وبياض الأسطح ينفذ غالبا فى صورة طبقتين :

الأولى : تسمى البطانة .

الثانية : تسمى الضهارة .

ومونة البطانة غالبا تشبه فى تركيبها مونة البناء، أما مونة الضهارة فقد تكون من نفس المونة ، فقط تخفف كمية الرمل بالنسبة للمقدار ، أو تعمل من مونة مخالفة تماما لمونة البطانة . كأن تكون مونة البطانة من الأسمنت والرمل ومونة الضهارة من المصيص.

وفيما يلي نسب مكونات مونة بياض خارجي للحوائط.مونة البطانة . وتتركب من :

- أسمنت : بنسبة ١
- جير : بنسبة ٢
- رمل : بنسبة ٦

مونة الضهارة تتركب من :

- مصيص نمرة ١ : بنسبة ٥
- أسمنت أبيض أو جير مائى : بنسبة ١

أما نسب مكونات مونة بياض داخلي للحوائط فهي :

مونة بطانة تتركب من :

- أسمنت : بنسبة ١
- جير بلدى : بنسبة ٣
- رمل : بنسبة ٩

مونة الضهارة تعمل من نفس المكونات وبنفس النسب .

رابعا : مون الخرسانة

أ – مونة مكونة من :

- جير مطفأ : بنسبة ١ جزء
- حمرة : بنسبة ١ جزء
- رمل : بنسبة ١ جزء

ويلزم لتكوين متر مكعب واحد من الخرسانة من هذه المونة الى المقادير الآتية:

- متر مكعب واحد من الأحجار المكسرة تمر حباتها من مهزة ٠,٤.
- نصف متر مكعب من المونة السابق ذكرها .

ب – مونة مكونة من :

– جير : بنسبة ١ جزء .

– حمرة : بنسبة ١ جزء

وإذا خلط مقدار ٠,٧٢ متر مكعب من هذه المونة مع مقدار مماثل من الأحجار المكسرة ينتج مقدار ١,١٥ متر مكعب خرسان.

ج – مونة مكونة من :

– جير : بنسبة ١

– حصى : بنسبة ٢

– بوتسلانة : بنسبة ٣

ويلزم لتكوين متر واحد مكعب خرسان النسبة التالية :

- ٠,١٤٥ متر مكعب جير
- ٠,٢٨٥ متر مكعب حصى
- ١,٠٠ واحد متر مكعب بوتسلانة

د – مونة مكونة من :

- بوتسلانة
- كسر طوب أو بلاطات

وتسمى الخرسانة الرومانية ، وقد ثبت استخدام هذه الخرسانة في قبة البانثيون في روما.

هـ – مونة مكونة من :

- جير مائي : بنسبة ٣ .
- رمل السواحل : بنسبة ٥
- قطع أحجار مكسرة : بنسبة ١٠ متر مكعب

ولكي نحصل على خرسانة من هذه المونة يلزم النسب التالية من عناصر المونة

- ١٩٠٠ كجم جير مائي .
- ٤,٥ متر مكعب رمل .
- ١٠ متر مكعب قطع أحجار مكسرة .

ويلاحظ أن وزن المتر المكعب من الحجر المائي هو ٨٨٠ كجم ووزن المتر المكعب من الرمل ١٦٠٠ كجم . وهذا يعني : كمية الجير ٠,٤٢٢ كجم تضاف لكل متر مكعب رمل .

و – مونة خرسانة أسمنت مكونة من :

- أسمنت : بنسبة ١
- رمل : بنسبة ٢
- ركام (زلط): بنسبة ٤

وتستخدم هذه المونة لتقوية الأساسات وأحيانا تقوى بالحديد .

ولإنتاج متر مكعب واحد من هذه الخرسانة تستعمل الكميات الآتية :

- ٣٠ كجم من الاسمنت .
- ٠,٤٠٠ مترا مكعبا من الرمل .
- ٠,٨٩٠ مترا مكعبا من الزلط.

ز – مونة مكونة من :

- اسمنت : بنسبة ١
- رمل : بنسبة ٣
- زلط : بنسبة ٦

ويلزم لإنتاج متر مكعب واحد من هذه الخرسانة :

- ٢٠٠ كجم اسمنت
- ٠,٥٠٠ متر مكعب من الرمل
- ٠,٩٥٠ متر مكعب زلط

ويستعمل الماء بمعدل ٣٢ لترا لكل شيكارة أسمنت .

حـ - مونة خرسانة مكونة من :

- أسمنت : بنسبة ١
- رمل : بنسبة ٤
- زلط : بنسبة ٨

ويلزم للحصول علي متر مكعب واحد من هذه المونة الكميات الآتية :

- ١٥٠ كجم أسمنت
- ٠,٥٠٠ متر مكعب رمل
- ١ واحد متر مكعب زلط

وتستخدم هذه المونة فى الأرضيات وفى الأساسات . ويستعمل الماء بمعدل ٣٨ لترا من الماء لكل شيكارة أسمنت .

وفيما يلي جدول نسبة خلط مونة الخرسانة المسلحة :

نوع الخرسانة	أسمنت	رمل	زلط	ماء
١- مسلحة بسيطة	٣٠٠	٠,٤	٠,٨	١٣٠
٢- ميد وقواعد	٣٠٠	٠,٤	٠,٨	١٣٠
٣- أسقف وكمرات	٣٥٠	٠,٤	٠,٨	١٦٠
٤- مسلحة قوية جدا	١	٢	٣	كمية مناسبة
٦- مسلحة متوسطة	١	٢	٤	كمية مناسبة

طرق تحضير المون

١- تحضير مونة الطين

من المعروف أن معظم الطينات تصبح لدنه Plastic عند البلل، وذلك لصغر حجم بلوراتها التى تسمح لها بالانزلاق فوق بعضها تحت أقل ضغط Under Aslight Pressure وعند زيادة المياه المضافة الى الطينة تتفرق Dipersed بلوراتها نظرا لتخلل المياه بين جزئياتها ، وفى هذه الحالة تقل درجة لدانتها بسبب تلبد البلورات Flocculated Crystals ويمكن أن تصل عجينة الطين الى حد السيولة Flow limit وتفقد لدانتها كلية إذا زادت كمية المياه عن المقدار المناسب، إلا أنه لو تركت الطينة تحت المياه لفترة من الوقت فان البلورات سرعان ما تعيد ترتيب نفسها مرة أخرى لتأخذ شكل التشتت أو التفرق Dispersion وبالتالى تزيد لدونتها. وهذا تفسير مناسب يوضح لنا سبب ترك الطين مغمورا فى المياه لعدة أيام قبل استعماله فى المونة .

وكانت مونة الطين تحضر قديما ومازالت حتى وقتنا الحاضر بمزج الطفلة الطينية (طمى النيل) بالماء حتى الحصول على القوام المناسب . ثم يضاف إليها الرمل وأعواد النباتات المهروسة (التبن) مع نسب متفاوتة من الجبس أو الجير . وقد أطلق على هذا الخليط اسم: الحيبه ومازال هذا اللفظ يطلق على الشيد الذى يغطى مبانى الطوب اللبن فى بعض قرى الوجه القبلى .

ويجب ملاحظة أن وجود الرمل أو التبن فى مونة الطين ضرورى نظرا لكونهما يقللان من الانكماش الذى يحدث للطين عند الجفاف.

ويرجع جفاف مونة الطين بعد استعمالها فى البناء، أو حتى لو تركت معرضة للشمس التى تبخر الماء المدمص فيزيائيا بين جزئيات الطين. وينتج عن ذلك قوى تماسك وتلاصق بين الجزئيات وبعضها يؤدى إلى تصلبها.

ويلاحظ أن مونة الطين مع الرمل فقط ، أو مع الرمل والتبن لها خاصية مميزة لا توجد فى المونات الأخرى ألا وهى الخاصية الإسترجاعية Reversible حيث أنه يمكن إعادة المونة إلى حالة اللدانة بعد جفافها، وذلك بإضافة الماء إليها. وهذه الخاصية تعطى للبناء فرصة تحضير كمية كبيرة من المونة تكفى للاستعمال لعدة أيام وربما لمدة أشهر فقط يضاف الماء إلى المونة بالكمية المناسبة لتحقيق قدرة تشغيلية جيدة إذا لوحظ جفافها، هذا بالإضافة إلى ما سبق ذكره من أن الطين تزيد لدونته باستمرار غمره فى الماء.

خواص مونة الطين :

- مادة عازلة للحرارة حيث تعتبر المواد الطينية من أجود وأحسن المواد الرابطة عزلا للحرارة .

- ضعيفة جدا بالنسبة لتحملها للضغوط الرئيسية .
- من أحسن المواد الرابطة مرونة باتخاذها مختلف الأشكال التى يراد عملها .
- غير عازلة للرطوبة لذلك فإنه من الممكن مرور الماء خلالها من الخارج إلى داخل الأبنية لقابليتها الكبيرة فى امتصاص الرطوبة .
- تعيش فيها الحشرات لاحتوائها على مواد عضوية ونباتية فى تركيبها.
- لا تقاوم العوامل والمؤثرات الطبيعية الخارجية وخاصة المياه عند سقوط الأمطار على الجدران الخارجية .
- تحتاج إلى صيانة باستمرار لتأثرها وتفتتها مع مرور الزمن نتيجة العوامل الخارجية .
- مادة رخيصة ومتوفرة بكثرة فى وديان الأنهار وسهلة الاستعمال وسريعة العمل وتتوفر بكثرة الأيدى الفنية التى تعمل بها حيث لا تحتاج إلى خبرة فنية عالية .
- الجدران المشيدة باستعمال مونة الطين كمادة رابطة لا تتحمل الأحمال التى تسلط عليها أما إذا استعملت فى بنائها مواد رابطة أخرى غير الطين فإنها تتحمل نفس هذه الأحمال دون أن تتأثر متانتها .

٢- تحضير مونة الجبس

الجبس المستخدم في تحضير المون هو الجبس الصناعي ، الذى ينقسم طبقا للغرض من استعماله إلي :

١- الجبس البلدى (العادى) . ويستعمل فى مون البناء.

٢- جبس المصيص . ويستعمل فى مون البياض.

٣- جبس التشكيل . ويستعمل فى التشكيل الفنى أو فى بعض الأغراض الطبية (عمليات التجبيس).

ولعمل مونة جبس يستخدم الجبس العادى، حيث يتم إضافته الى الماء وخلطه جيدا حتى الحصول على قوام مناسب للاستعمال . وقد ثبت أن مونة الجبس العادة تبدأ فى الشك بعد مضى ٦ دقائق من وقت إضافته للماء.

وتختلف سرعة الشك طبقا لنوع الجبس المستخدم ودرجة حرارة إحراقه وقت الصناعة وكذلك المسام بين بلوراته ، لذلك نجد أن زمن شك بعض أنواع الجبس مثل جبس المصيص بطئ الشك يصل الى ٦٠ دقيقة من وقت إضافة الماء اليه.

وعملية شك الجبس عملية تفاعل كيميائى بين الجبس والماء ينتج عنها بعض الحرارة ، وفقد لجزء من ماء الخلط عن طريق البخر، وزيادة قليلة فى حجم الجبس الناتج نظرا لتمدد البلورات عند

امتصاصها للماء وتحولها الى الشكل الابرى والمعادلة التالية توضح تفاعل شكل الجبس فى مونة الجبس

$CaSO_4 . 1½ H_2O + H_2O \rightarrow CaSO_4 . 2H_2O + \Delta$

وعندما تبدأ المونة فى الشك يجب عدم إضافة ماء إليها وعدم استخدامها بعد الشك نظرا لفقدها قدرتها على الربط.

كما أن مونة الجبس بعد الشك والجفاف لا تمتص كميات كبيرة من الماء نظرا لأن بلورتها تصبح متماسكة مع بعضها وليس بينها فراغات بينية تحل محلها المياه . إلا أنه ثبت كما يذكر : توراكا، أن الجبس يذوب ببطء فى الماء Slightly Soluble in Water لذلك لا ينصح باستخدامه فى مونة البياض للأسطح الخارجية المعرضة للرطوبة فى الأجواء الرطبة، كما ثبت أيضا أن الجبس من الممكن أن يتحول تلقائيا الى أنهيدرايت فى الأجواء الحارة مما يضعف من قوته الميكانيكية Mechanical Strength.

ويحصل الجبس على نصف قوته الميكانيكية بعد ٢٤ ساعة من استعماله، وبياض الجبس الذى يحتوى على : جبس + رمل بنسبة ٢ : ١ قوته حوالى ٦٠% من بياض الجبس الذى لا يحتوى على رمل. والمواد التى تضاف للجبس للتحكم فى زمن شكه تقلل من مقاومته للضغط بعد التصلب.

خواص مونة الجبس :

- مونة متوسطة من حيث القوة والمتانة.
- لا تسمح للوحدات البنائية المختلفة بالحركة من مواضعها ضمن الجدار .
- من أحسن أنواع المواد الرابطة مرونة .
- عازلة جيدة للصوت .
- لا تعيش فيها الحشرات لعدم احتوائها على المواد العضوية في تركيبها.
- تتأثر بالرطوبة فهى سريعة الامتصاص للماء، لذلك يفضل عدم ترك الجدران المشيدة باستعمالها معرضة للمؤثرات الخارجية وذلك لاحتمال تسرب الرطوبة إلى الداخل من خلالها .
- سريعة الجفاف فهى تحتاج إلى كمية قليلة من الماء لكى تصل إلى تصلبها النهائى لذلك تستعمل فى بناء العقود والقباب .
- مادة عازلة جيدة للحرارة .
- ضعيفة المقاومة للرطوبة والأمطار إذا تعرضت لها .
- مادة رخيصة متوفرة بكثرة فى الأسواق المحلية .
- توفر الأيدى الفنية العاملة للبناء باستعمال مونة الجبس .

- لا تحتاج إلى صيانة كالتى تحتاجها مونة الطين وذلــك لقوتهــا التى تكون مساوية إلى أضعاف قوة الطين .
- يكون تصلبها على عدة مراحل فهى تتصلب أوليا بعــد مــرور ثلاثين دقيقة ثم تتصلب تصلبا ثانيا بعد مرور ثلاث ساعات أمــا تصلبها النهائى فيتم بعد مرور ثلاثة أيام تقريبا .

٣- تحضير مونة جير غير مائى

لا يستخدم الجير قبل طفيه فى تحضير مونه تــستعمل فــى البناء أو فى البياض ، بل يجب طفيه أولا بكمية مناسبة من المــاء ، وبناء عليه فالجير الحى لا يستعمل فى المونه.

والجير المطفأ لا يستخدم بمفرده كمونة بناء بل يستخدم معه مالىء مناسب حتى يمكن تجنب التشققات الناتجة عن عملية تقلــص حجم الجير. والرمل هو المالىء النموذجى للجير ، ويجب أن يكــون نظيفا خاليا من الطفلة والمواد العضوية التى تسبب بطء عملية الشك والتصلب، كذلك يجب أن يكون خاليا من الأملاح التى تسبب ظاهرة التزهر.

ومونة الجير تصبح جيدة التشغيل لو أضــيف اليهــا المــاء بكميات مناسبة على عكس متانة المونة التى تتحسن لو قلت كميــة الماء المضاف. أيضا حرارة خلط المونة الناتجــة عــن احتكاكهــا

بالهواء الجوى تسمح بتحسين التشغيل دون إضافة ماء زيادة إلا أنه يجب معرفة أن استخدام مونة الجير فى البناء يحتاج الى خبرة كبيرة لكى يتم تحقيق التوازن بين خاصيتى التشغيل والمتانة Workability and Strength والصعوبة الكبيرة فى استعمال المونة الجيرية تكمن فى حقيقة أن تصلب المونة يكون بطيئا ، وربما لا تتصلب كلية فى الجو الرطب ، ولذلك يعتبر الجفاف ضرورة للتصلب، إلا أن الجفاف السريع فى الجو الحار يعوق عملية الكربنة ، أى تفاعل الجير المطفأ مع ثانى أكسيد الكربون الجوى طبقا للمعادلة التالية:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

وتكون النتيجة ضعف قوة المون .

وقد أثبتت التجارب أن : عملية الكربنة يمكن أن تنشط بتبليل البناء على فترات The Periodic Wetting ويتم ذلك دائما بخلق نسيم رطب Fine mist عن طريق رشاش يدوى ببزباز رفيع A hand Spray with a Fine Nozzle مع ملاحظة أن الدفع بالماء يجب تجنبه لأنه يفتت سطح المونة، ويحدث حفر فى البناء ،والمونة الطرية التى تحفظ داخل حفر بالجدران أو فى شقوق تظل بعيدة عن الهواء الجوى ، وبذلك تبقى طرية لوقت غير محدد بسبب بعدها عن دورة الهواء الجوى المحتوى على ثانى أكسيد الكربون اللازم لعملية الكربنة.

والواقع أن عملية الكربنة لا يمكن التحكم فيها أو التنبؤ بهـــا وذلك نتيجة لمؤثرات عدة أهمها : حالـــة الرطوبـــة ،والحـــرارة ، ومسامية مواد البناء، وحجم المسام ، وكذلك سمك المونة ، ونـــسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو.

وقد أثبتت التجارب التى تمت بمعرفة الايكروم على مكعبات مونه أن عملية الكربنة تتم سطحيا فقط وعلى مسافة ملليمترات قليلة ، حدث ذلك فى مكعبات مونة قياسية فى فترة معالجة ٦٠ يوم لمونة: الجير والرمل ، و ٢٨ يوم لمونة : الجير والرمل الممزوجة بنـــسبة معينة من الأسمنت ، والمفترض أن تصل الكربنة إلى مسافة ٥٠ مم فى المكعبات خلال فترة من ٣ إلى ٦ أشهر .

وفيما يلي ملخص للإجراءات الواجب إتباعها للحصول على مونة أساسها الجير غير المائي:

يتم طفى الجير حديث الحرق فى الموقع بكمية كافية من الماء للحصول على عجينة طرية مع استمرار تحريك الجير أثناء الطفى . ثم يتم نخل الجير للتخلص مـــن الكتـــل Asoft Mass of Putty Lump التى لم تطفأ ، ثم تحفظ العجينة تحت طبقة من الماء لمدة لا تقل عن أسبوع للتأكد من تمام الطفى .

يتم خلط العجينة مع الركام بالنسبة المطلوبة ميكانيكيا أو باليد ثم يمزج الخليط فى مطحنة ، أو يقلب بالجاروف أو بالمسطرين.

يحفظ الخليط أسفل طبقة لباد مبللة أو فى أكياس بلاستيك ، ويفضل حفظه فى أوعية مغلقة جيدا لفترة تصل إلى أسبوع أو أكثر.

تؤخذ الكمية المطلوب لعمل يوم واحد ، وتخلط جيدا، ويضاف إليها كمية قليلة من الماء لزيادة لزوجتها ، مع ملاحظة أن عملية خلط وتقليب عجينة الجير تزيد لزوجتها وقابليتها للتشغيل More Plastic and Workability بدون إضافة ماء جديد .

يحفظ العمل النهائى (حائط مبنى مثلا) بحمايته من المطر والحرارة الشديدة، وتيار الهواء المحلى الشديد Local Draughts مع تشجيع دورة الهواء العامة، وفى حالات خاصة يرش نسيم من الماء على سطح الحائط لتنظيم جفاف المونة وزيادة سرعة عملية الكربنة.

خواص مونة الجير غير المائى :

- مونة بيضاء اللون سريعة الاتحاد والتفاعل مع الماء أو بخار الماء وثانى أكسيد الكربون الموجود فى الجو .
- تصلب المونة يكون بطيئا وتحتاج باستمرار إلى الاحتكاك بالهواء الجوى لكى تكتمل عملية الكربنة .

- تحتاج إلى خبرة كبيرة أثناء خلط المونة بالماء لكى يتم تحقيق التوازن بين خاصيتى التشغيل والمتانة حيث أن زيادة الماء تؤثر على متانة المونة فى حين تجعلها جيدة التشغيل .
- مونة الجير تصبح صلبة جدا بعد اكتمال التصلب (الشك) .
- مونة الجير مادة عازلة للصوت والحرارة .
- الجير مادة رخيصة ومتوفرة بالأسواق المحلية .
- تقاوم العوامل الطبيعية الخارجية خاصة الرطوبة وحرارة الشمس .
- لا تعيش فيها الحشرات نظرا لعدم احتواء تركيبها على مواد عضوية.
- مونة قوية تتحمل الضغوط والأحمال الرأسية خاصة عند تمام عملية الكربنة والتصلب .

٤- تحضير مونه جير مائى " مونه هيدروليكية"

مونه الجير المائى تشك وتتصلب عن طريق تفاعل كيميائى مع الماء بدون حاجة إلى الهواء الجوى ، وذلك على عكس المونه العادية أى مونه الجير غير المائى التى يتطلب شكها الهواء الجوى ، لكى يحدث تفاعل بين الجير وثانى أكسيد الكربون لتكوين كربونات الكالسيوم.

ويكون الجير المائى مونة هيدروليكية فقط لو تفاعل أكسيد الكالسيوم مع السيليكا أو الألومينا AL203 ، حيث تتكون سيليكات الكالسيوم أو الومينات الكالسيوم غير القابلة للذوبان فى الماء مما يسرع من تصلب المونة.

لذلك ثبت أن إضافة الطفل إلى المواد الجيرية أثناء عملية التكليس بنسبة ١٠% له أهمية كبيرة فى أحداث الصلابة فى الماء وذلك لاتحاد أكسيد السيليكون وأكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد الموجودة فى الطفلة مع بعضها مكونة سيليكات والومينات الكالسيوم، والجير الذى يحتوى على هذه المركبات له خاصية التصلب تحت الماء .

وقد ثبت أن أفضل أنواع الجير المائى هو الجير عالى الهيدروليكية وهو ذلك النوع الذى يحتوى على نسبة تتراوح بين ٦٠-٧٠% جير و ٣٠% سيليكات والومينات، وهذا الجير يشك فى الماء فى مدة تتراوح من ٢ الى ٦ أيام ويكون شديد الصلابة فى غضون شهر.

خواص مونة الجير الهيدروليكية :

- سريعة الشك إذا ما قورنت بمونة الجير الهوائى إلا أن الجير المائى غير متوافر بالأسواق.

- تتصلب جيدا فى الماء ولا تحتاج إلى هواء جوى .
- تصلح لجميع أغراض المبانى خاصة السدود والكبارى فوق المجارى المائية.
- مونة عازلة للصوت والحرارة .
- تقاوم العوامل الطبيعية كالحرارة والرطوبة .
- لا تهاجمها الحشرات لعدم احتوائها على مواد عضوية .
- مونة قوية تتحمل الضغوط والأحمال الرئيسية .

الفصل السادس

الأخشاب الطبيعية

مقدمة :

استخدم الخشب بكثرة فى أغراض عدة منها صناعة الأبواب والسقوف وفى تخشيب الأرضيات وتبطين بعض الحوائط فى المنازل والمقابر كما استخدم الخشب فى صناعة الأثاث وتوابيت الموتى والمراكب الملكية ومراكب الصيد وكذلك استخدم فى صناعة التحف الفنية المزخرفة والتماثيل الخشبية المنحوتة منذ أوائل العصور الفرعونية وحتى نهايتها .

وقد بذل النجار وكذلك الفنان المصرى القديم مجهودات رائعة فى علاج الأخشاب المحلية لاستخدامها فى صناعة مشغولاته سواء كانت أثاث أو منحوتات فنية .

كما استوردت مصر أيضا الكثير من الأخشاب التى تسد احتياجاتها من كثير من البلاد من آسيا وأفريقيا خاصة بلاد بونت ولبنان وبلاد ما بين النهرين وغيرهم وكانت أهم العدد والآلات التى استخدمها المصرى القديم فى قطع الأخشاب ونشرها وتشذيبها وكذلك تصنيعها تتمثل فى : القودايم ، البلط، الأزاميل، المناشير وكذلك المثاقب القوسية والمطارق الخشبية واستخدم بدلا من (الفارة الحديثة) قطع من الأحجار الرملية دقيقة الحبيبات لتسوية ومسح سطح قطعه الخشبية سواء المستخدمة فى الأثاث أو فى المشغولات الفنية .

وقد ملك الفنان المصرى ناصية أعماله الخشبية فجاءت نقوشه على الخشب جميلة بديعة كما نراها فى القطع الخشبية المنحوتة أو المزخرفة التى عثر عليها منذ أقد العصور الفرعونية والمعروضة جزء منها فى المتحف المصرى بالتحرير .

وقد شاع فى العصر الرومانى استخدام الأخشاب فى صناعة الأسرة والموائد والمقاعد وغيرهم وفى المتحف اليونانى الرومانى بالإسكندرية بعض ما تبقى من فنون هذا العصر التى استخدم فيها الخشب وكانت الزخرفة الشائعة فى ذلك العصر هى استخدام وحدات من ورق الاكانتس وفروعه وأيضا الزخرفة بالخرط والحفر والتطعيم بالعاج والأبنوس أو التغشية بالمعادن .

وفى العصر البيزنطى استخدم الخشب أيضا فى صناعة الكراسى والمناضد والأبواب وغيرهم وزخرف بزخارف نباتية وحيوانية بطريقة الحفر تمثلت فى عناقيد العنب وفروعه وكذلك فى تصوير الأسود والخيول وأيضا فى تمثيل القصص الدينى مثل قصة يوسف عليه السلام .

أما فى العصر القبطى الذى تبلور أثناء العصر البيزنطى فى مصر قد شاع فيه استخدام الأخشاب فى صناعة السقوف وزخرفتها وأيضا فى عمل الحليات الخشبية المزخرفة فى الكنائس والأديرة

الكائنة حتى الآن كذلك فى صناعة توابيت القديسين وكراسى الإنجيل المطعمة أو المنجليات وبعضها محفوظ فى قسم الأخشاب بالمتحف القبطى وتدل على صناعة لا بأس بها .

وفى العصور الإسلامية شاع استخدام الخشب فى العمارة المدنية والدينية فى تسقيف المنازل والقصور والمساجد والأسبله والبيمارستانات، كما شاع استخدامه فى صنع الأبواب والشبابيك والمشربيات والكوابيل، أيضا شاع استخدام الخشب فى صنع المنابر والمحاريب والقباب والأشرطة الكتابية والأفاريز وقطع الأثاث وصناديق المصاحف .

والآثار الباقية من العصور الإسلامية تدل على تطور وتقدم هائلين فى استخدام الخشب فى الأغراض الإنشائية وما زالت الأخشاب حتى الآن تستخدم على نطاق واسع فى العمارة الحديثة وتعتبر الخامة الأساسية فى صناعة الأثاث والمشغولات الخشبية نظرا لمرونتها وسهولة تشكيلها وتلوينها ، وتوافرها وخفة وزنها، ورداءة توصيلها للكهرباء والصوت والحرارة.

وعلى الرغم من المزايا العديدة للخشب كمادة إنشاء وصناعة إلا أن هناك بعض العيوب التى تقلل من كفاءتها أهمها: القابلية للاختراق، التمدد والانكماش بفعل الرطوبة ، التآكل والتحلل بفعل الحشرات والفطريات.

١- تركيب الأخشاب :

أ - التركيب التشريحى :

من المعروف أن المصدر الرئيسى للأخشاب المستخدمة فى الإنشاء والصناعات جذوع الأشجار، وليست كل جذوع الأشجار صالحة لإنتاج الخشب بل إنه يوجد العديد من الظروف غير الطبيعية تؤدى إلى عيوب فى جذوع الأشجار تجعل الأخشاب المأخوذة منها غير صالحة لأعمال الإنشاء، والأخشاب تمثل البناء الأكثر تقدما فى عالم النبات، وبغض النظر عن كونها أخشاب صلبه مأخوذة من أشجار ورقية عريضة من فصيلة مغطاة البذور Angiosperms أو أخشاب لينة مأخوذة من أشجار صنوبرية دائمة الخضرة من فصيلة عاريات البذور Gymnosperms فإن الخشب يتكون من مجموعة من الخلايا مختلفة الشكل والمقاس ويكون ترتيبها مميزا لنوع النبات، يظهر ذلك فى قطاع مستعرض من جذع شجرة حيث نجد بصفة عامة التركيب التالى :

١- لب الخشب أو القلب Heart:

أول ما يتكون من الجذع ويحتوى على جزء من العصارة المستعملة فى نمو الشجرة وبتقدم العمر بالشجرة تتبخر هذه العصارة أو تمتص بواسطة الأفرع والأوراق ويجف القلب ويتآكل حتى إذا

قطعت الشجرة بعد تقدمها فى العمر – خاصة فى الأشجار غير المعمرة – نجدها خاوية من الوسط وتلاحظ هذه الحالة كثيرا فى شجر التوت والصفصاف .

٢-الحلقات السنوية Annual rings

وهى نوعان :

أ- حلقات فى خشب القلب :

وتكون فى طور التكوين والنمو ولذلك فهى نادرا ما تكون واضحة .

ب- حلقات فى الألياف الخارجية:

وعن طريقها يمكن معرفة عمر الشجرة بعد معرفة نوعها وعدد الحلقات التى تتكون سنويا . والحلقات السنوية تتكون بمعدل طبقة واحدة سنويا فى الأجواء المعتدلة وأكثر فى الأجواء الحارة مع الوضع فى الاعتبار أن هناك اختلافا فى تكون هذه الحلقات سنويا باختلاف نوع الشجرة ودرجة نموها وكذلك ظروف البيئة المحيطة .

٣-الأشعة العصارية أو العضوية Sap rays

وهى مجموعات من الخلايا تحمل الماء والمواد الغذائية من قلب الخشب وحتى القشرة الخارجية أو الغلاف الخارجى .

٤-المادة النباتية أو الكامبيوم Cambium layer

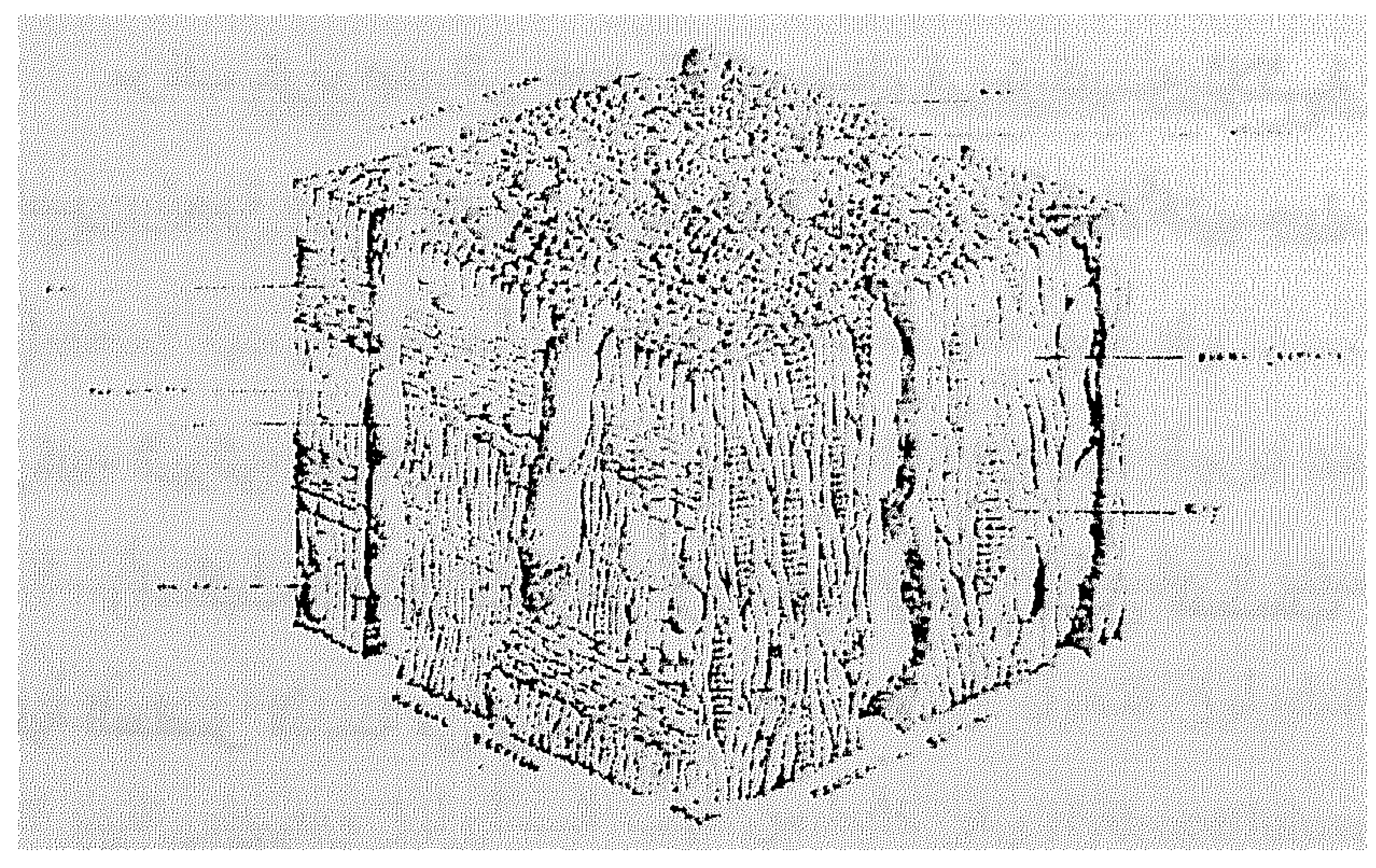
وتوجد تحت اللحاء وهى خلايا حية منقسمة . وتتكون من جزأين الداخلى : الذى يكون الألياف الخشبية، والخارجى: الذى يكون القشرة .

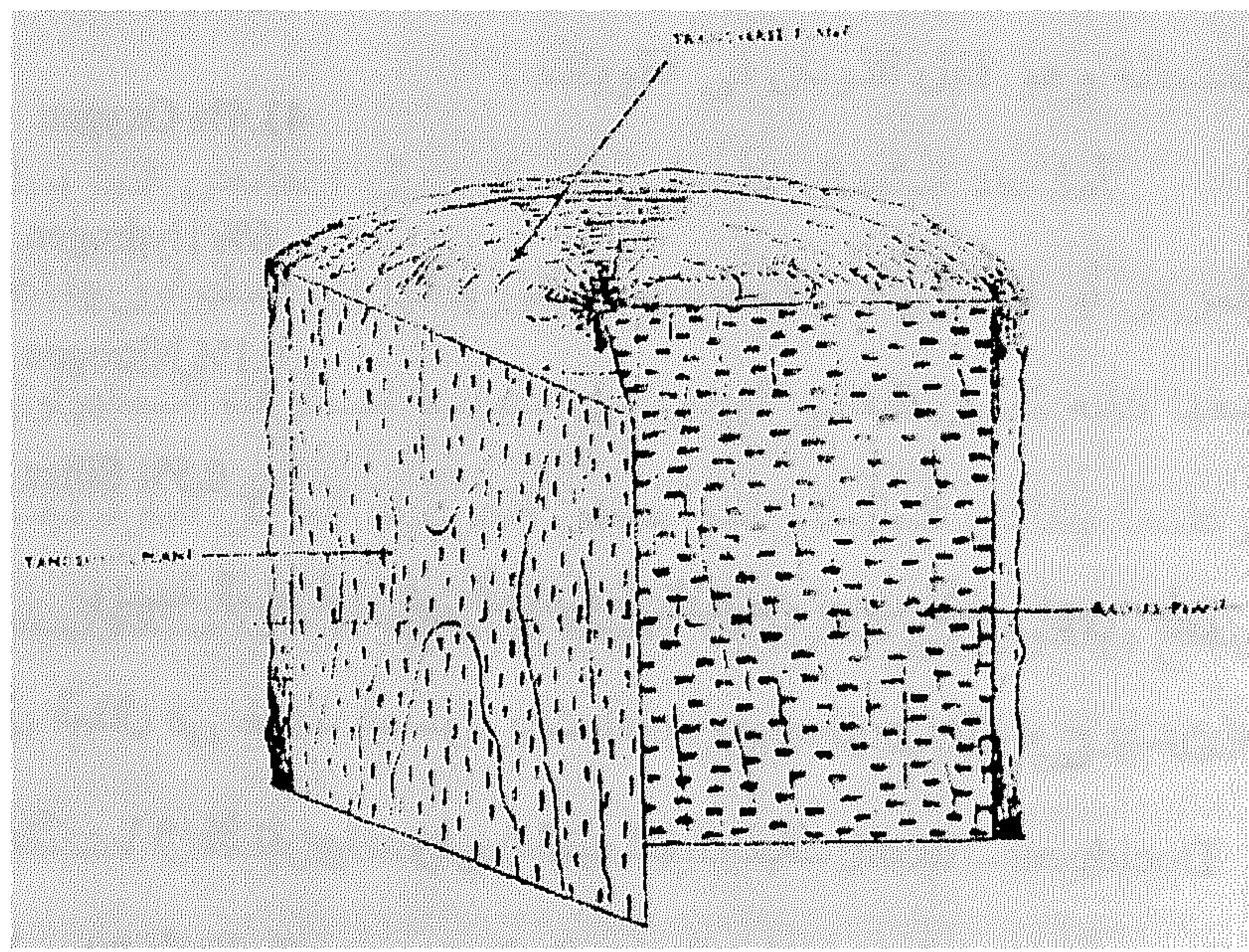
٥-القشرة أو القلف Bark:

وهى الغطاء الخارجى الواقى للنبات ويختلف سمكه باختلاف نوع النبات ويتكون من اللحاء : وهو عبارة عن خلايا ليفية تحت القشرة الخارجية ، والقشرة الخارجية : وهى غلاف إسفنجى خشن.

٢-التركيب الكيميائى :

يتركب الخشب أساسا من ألياف السليولوز وبعض المواد الأخرى كاللجنين والهيميسليولوز والأملاح غير العضوية وبعض الراتنجات والشموع والمواد الغذائية وغير ذلك مما يعتبر كشوائب فى تركيب الخشب .





شكل رقم (١٤) قطاعات فى جزع شجرة

١-السليولوز Cellulose

مركب كربوهيدراتى عديد التسكر يدخل فى تركيبه ثلاثة عناصر رئيسية هى : الكربون (C) والهيدروجين (H) الأكسجين (O).

وتركيبه الجزئى n(C6H10O5).

وقد أثبت التحليل الكيميائى أن الخشب يتكون من النسب التالية للعناصر الداخلة فى تركيبه .

- 50% Carbon
- 43.4% Oxygen
- 6% Hydrogen
- 0.1% Nitrogen
- 0.5% Silica

ونسبة السليولوز فى الخشب تختلف من نبات لآخر فهى على سبيل المثال فى خشب الصنوبريات Coniferous wood تتراوح بين ٥٥% - ٩١ % تقريبا . وفى خشب النفضيات Docidueus wood حوالى ٢٨% تقريبا .

والسليولوز مركب خيطى الشكل وجد عند تحليله أنه يوجد فى ثلاثة أطوار خيطية .

الطور ألفا α Cellulose : وهو أطول السلاسل الخيطية .

الطور جاما ∂ Cellulose : وهو أقصر السلاسل الخيطية .

الطور بيتا β Cellulose : ويمثل حالة وسط بين الاثنتين السابقتين .

وقد وجد عند معالجة السليولوز بالأحماض المعدية المخففة عند درجة الحرارة العادية أن جزءا منه يفقد تكوينه البنائى، ومع استمرار المعالجة بالأحماض لمدة طويلة أو بالتسخين فإن ألياف السليولوز تتحول إلى مسحوق يعرف باسم : هيدروسليولوز Hydrocellulose وهو خليط من ألياف السليولوز وبعض النواتج المتحللة وهو قابل للذوبان فى القلويات .

أما عند استعمال الأحماض المركزة مثل : حامض النيتريك المركز أو انهيدريدات الأحماض أو كلوريداتها فإن السليولوز يتفاعل معها كأنه كحول اليفاتى الهيدركسيل مكونا استرات السليولوز، وعندما يتفاعل السليولوز مع حمض الكبريتيك المركز البارد فإنه ينتفخ ويتحول إلى محلول إذا أضيف الماء إليه تترسب مادة تشبه النشا تسمى أميلويد Amyloid .

وعندما يتحلل السليولوز مائيا Hydrolysed بفعل حامض الكبريتيك فإنه يكون أولا : السيلوديكسترين Cellodextrins وهى مادة تشبه الدكسترين المستخلص من النشا. ثم يتحول إلى السلوبيز Cellobiose وهى مادة ثنائية التسكر وأخيرا يتحول إلى الجلوكوز Glucose وهو مادة أحادية التسكر .

وعند معالجة السليولوز بالعوامل المؤكسدة فإنه يتحول إلى مادة تعرف باسم الأوكسى سليولوز Oxyvellulose وهى خليط من السليولوز والنواتج المتحللة .

٢-اللجنين Lignin

ويوجد فى الخشب بنسب تتراوح بين ١٧-٣٢% وتختلف نسبه حسب نوع النبات ودرجة نموه وكذلك عمره إذ يزيد تركيزه كلما تقدم العمر بالنبات ومهمة وجود اللجنين فى النبات العمل كمادة تسليح أى مادة رابطة تربط الألياف السليولوزية ببعضها ومن أجل ذلك وصف بأنه جزئي متشعب وليس خيطى كالسليولوز . وعلى الرغم من خواصه الطاردة للماء نسبيا إلا أنه يؤثر فى خاصية الانكماش للخشب .

٣-الهميسليولوز Hemicellulose

ويوجد فى الخشب بنسب تتراوح بين ١٥-٣٤% ويعمل كمادة رابطة شبيهه باللجنين ويختلف الهميسليولوز عن السليولوز واللجنين فى تركيبه وخواصه الكيميائية ، فهو مركب غير ليفى يتركب من السكريات الخماسية أو السادسية أو مخلوط منهما . ويتحلل مائيا ليعطى هكسوزHexose وبنتوز Pentose ، أما السليولوز فيتحلل حمضيا ليعطى جلوكوز Glucose فى حين يتكاثر اللجنين فى وجود الضوء معطيا أحماضا اروماتية مثل حمض البنزويك Benzoic acid .

٢- أنواع الأخشاب :

تختلف أنواع الأشجار التى نحصل منها على الخشب، وتتنوع طبقا للبيئة التى تنمو فيها والبلاد المنتجة لها، وشكل الألياف ودرجة اندماجها واحتوائها على المواد الراتنجية. فشجرة الزان مثلا تنمو فى أوروبا وغرب آسيا ونحصل من جذوعها على خشب صلد لونه قاتم، وشجرة البقس تنمو فى سوريا وفلسطين ومصر، ونحصل من جذورها على خشب فاتح اللون . لذلك تقسم الأخشاب المستخدمة فى الإنشاء وفى الأثاث إلى نوعين طبقا لمتانتها .

النوع الأول : الأخشاب الصلدة Hard wood

هى تلك الأخشاب المنتجة من جذوع الأشجار الورقية من نوع مغطاة البذور ذات الفلقتين Andiosperms ، وتنمو أشجار هذه الأخشاب فى المناطق المعتدلة أو الحارة، وعادة ما تكون ألوان أخشابها قاتمة إلا القليل النادر مثل : أشجار الحور .

ومن أشهر أنواع الأخشاب الصلدة المستعملة فى الإنشاء والأثاث ما يلى :

١ – خشب الزان Beech :

وهو من أشهر أنواع الأخشاب الصلدة الشائعة فى صناعة الأثاث ويمتاز بلونه البنى الفاتح المائل للاحمرار وظهور أشعته النخاعية فى أسطحه الجانبية ويستخدم فى أشغال النجارة وتصنيع القشرة .

٢-خشب البلوط Oak :

وهذا النوع يمتاز باندماج أليافه وبالمرونة ولونه ناصع البياض ومسامه واسعة ويستخدم في الأغراض الإنشائية وفي الأثاث. ومن أشهر أنواعه القرو " الأرو " الذى يمتاز بجمال أليافه وظهور الأشعة النخاعية على جانبيه، إلا أن لونه فاتح يميل إلى الاحمرار .

٣-خشب الماهوجنى Mahogany :

وهو خشب يمتاز بجمال أليافه واحمرار لونه ويستعمل في صناعة الأثاث وصنع القشرة ومنه أنواع كثيرة حسب البلد المنتجة له، والأنواع الرديئة منه توجد بها بقع رمادية صغيرة .

٤-خشب الجوز Walnut :

ويمتاز هذا النوع من الخشب بلونه البنى القاتم الذى يميل إلى الرمادى، وتختلف شكل أليافه باختلاف البلاد المنتجة له، ويستعمل فى صنع الأثاث والقشرة .

٥- خشب الحور Pupulus :

ويمتاز هذا النوع من الخشب بلونه الأبيض الناصع الذى يميل إلى الاصفرار قليلا، ومنه أنواع داكنة اللون وأليافه مندمجة كثيرة التعاريج من أثر نمو الحلقات السنوية، ويستعمل في صنع الأثاث والقشرة .

النوع الثانى : الأخشاب اللينة Soft wood

وهى تلك الأخشاب المنتجة من جذوع الأشجار الصنوبرية من نوع عاريات البذور عديدة الفلقات Gymnosperms وتنمو أشجار هذه فى المناطق الباردة والمعتدلة، وعادة ما تكون ألوان أخشابها فاتحا لأن ذلك لا يمنع من وجود أخشاب قاتمة اللون .

ومن أشهر أنواع الأخشاب اللينة المستعملة في الإنشاء وضع الأثاث ما يلى :

١-خشب الصنوبر Pine :

ومنه أنوع كثيرة مثل : خشب الصنوبر الأبيض " خشب البياض" وخشب الصنوبر الأصفر " خشب الموسكى أو السويد " وخشب الصنوبر الراتنجى " الخشب العزيزى" أو البتش باين Pitch pine ، وكل نوع من هذه الأخشاب له خصائصه ومميزاته التى تجعله صالحا لأغراض معينة فى الإنشاء أو النجارة أو الزخرفة .

٢-خشب الأرز Cedar :

خشب خفيف الوزن ومعظمه طرى ضعيف المقاومة ، لونه أحمر فاتح أو بنى غامق أو أبيض مصفر، له رائحة طيبة تجعله مناسبا لأعمال تبطين الصناديق والخزانات . كما يستخدم فى الأسقف وفى تبطين الحوائط الداخلية فى المبانى .

٣-خشب السرو Cypress :

خشب خفيف الوزن سهل التشغيل، لونه أصفر فاتح أو بني فاتح، له خواص تجعله أكثر تحملا للاستخدامات الداخلية فى الأبواب وتزيين الواجهات وصوارى المراكب الشراعية .

٤-خشب التنوب Fir :

خشب قوى مقاوم للزمن، يتراوح لونه بين الأحمر الفاتح والأصفر، ويستخدم فى جميع أغراض الإنشاء وفى تصنيع الأبلاكاج.

٥-خشب اللاريس Larch :

خشب قوى أقرب شبها بالتنوب والسرو، ولونه بنى غامق إلى فاتح، ويستخدم فى الأعمال الإنشائية وفى تغطية المراكب والسفن .

٦- خشب الشوكران Hemlock :

خشب ذو نسيج دقيق وألياف مستقيمة ، سهل التشغيل واللصق ، ويستعمل فى أعمال الإنشاءات العامة .

ويلاحظ أن معظم الأخشاب السابق ذكرها لا ينمو شجرها فى مصر، لذلك فإن مصر تعتبر من البلاد المستوردة للأخشاب، إلا أن الأرض المصرية تجود بأنواع أخرى من الأشجار التى استخدمت منذ أقدم العصور فى إنتاج أخشاب استخدمت فى أعمال النجارة والبناء منها:

Acacia	خشب السنط
Carob	خشب الخروب أوالخرنوب
Dom palm	خشب نخيل الدوم
Sidder	خشب النبق أو السيدر
Tamarisk	خشب الأثل أو الطرفاء
Almond	خشب اللوز
Date Palm	خشب نخيل البلح
Persea	خشب اللبخ أو البرسا
Sycamore	خشب الجميز
Willow	خشب الصفصاف

٣- تجفيف الأخشاب:

لا شك أن المصرى القديم لم يعرف أساليب تجفيف الخشب الحديثة التى تتم فى الأفران المجهزة، إلا أنه من الممكن أن يكون قد كان يترك جذوع الأشجار بعد قطعها فى الهواء الطلق لتجف مستغلا حرارة الشمس لهذا الغرض .

أما الأخشاب التى كان يستوردها المصرى فلا ندرى حتى الآن هل كان يستوردها فى صورة ألواح أو عروق أو جذوع ... ؟ وهل كانت جافة أو طرية .. ؟

٤- نجارة الخشب:

لا شك أن الآثار المصنوعة من الخشب والتى تركها لنا المصرى القديم تقوم دليلا على بدء فنون النجارة وتطورها منذ عصر بداية الأسرات، وكانت الأدوات المستخدمة فى البدء عبارة

عن قواديم وأزاميل وبلط ومناشير بدائية وكان لها جميعـــا مقـــابض خشبية فيما عدا الأزاميل ، وكانت النصال تصنع من النحاس، وظلت كذلك فترة طويلة من الزمن إلى أن اكتشف البرونز فتم صناعتها من البرونز، ثم من الحديد بعد ذلك . ولم تعرف الفارة والمخرطة فـــى مصر الفرعونية، وليس هناك دليل على ذلك حتـــى الآن، إلا أنهـــا عرفت فى العصر الرومانى وما تلاه من عصور، يدل علـــى ذلـــك كميات كبيرة من الخشب الخرط التى ترجع إلى العصر الرومـــانى والعصور الإسلامية التالية.

لكن الثابت أن المصرى القديم كان يبرد أو يمـــسح الخـــشب بحكه بقطع من الحجر الرملى دقيق الحبيبات وذلك لتسوية السطح أو لعمل قوائم خرط، وأورع دليل على ذلك أثاث الملكة حتب حـــرس والملك توت عنخ آمون .

٥- عيوب الخشب الطبيعية :

العقد Knots : وهى عادة تشير إلى المكان الذى كانت تخرج منه الأفرع فى جذوع الأشجار، وهى عادة غير مرغوب فيها فـــى معظم أشغال الخشب وذلك لأنها تشكل نقط ضعف فـــى المنتجـــات الخشبية .

الفوالق Shecks : وهى شقوق حدثت داخل الشجرة أثناء نموها نتيجة لتغير الظروف المناخية فى الفصول المختلفة، أو نتيجة لتعرض الشجرة للرياح الشديدة، وهذه الفوالق يجب أن ينظر إليها بحذر، لأنها تسبب انهيار كامل للمنتج الخشبى .

الالتواء والتشقق Warping and splits : وهذه العيوب تحدث فى الأخشاب أثناء تجفيفها أو تخزينها بطريقة غير سليمة، وهذه الالتواءات والشقوق تجعل الخشب غير صالح لأعمال النجارة.

٦-أهم أسباب تلف الأخشاب :

الأخشاب عادة سواء المعروض منها فى المتاحف أو المحفوظة فى المخازن تكون عرضة للإصابة بالحشرات والكائنات الدقيقة التى تتخذ من السليولوز غذاء لها، ومن الأخشاب بصفة عامة مسكنا مريحا بعيدا عن أعين الأعداء .

فالحشرات مثلا كالنمل الأبيض والخنافس تثقب يرقاتها الخشب وتتغذى على خلاياه وأليافه مما يعرضه للتلف .

وكذلك الفطريات التى تسبب الأخشاب وتعيش داخلها أو على أسطحها فتتسبب فى تعفنها وتغير لونها خاصة عند زيادة الرطوبة فى الجو المحيط بالأثر الخشبى .

أيضا تتعرض الأخشاب الأثرية لتغيرات مفاجئة فى الحرارة والرطوبة ارتفاعا وانخفاضا مما يجعلها دائما فى حالة تمدد أو انتفاخ وانكماش مما يؤدى إلى تهدم تركيبها الخلوى وينتج عن ذلك التفافها واعوجاجها وكذلك تشرخها وتشققها .

كما قد يحدث للآثار الخشبية حرائق مفاجئة وهذه إذا حدثت لا تبقى ولا تذر خاصة إذا لم تتوافر وسائل الإطفاء السريعة .

أما إذا تعرضت الأخشاب الإنشائية لزيادة فى الأحمال المعرضة لها فقد تنهار مرة واحدة خاصة إذا كانت هشة .

٧- اختبار الخشب Testing timber:

تجرى الاختبارات المعملية على عينات من الخشب الجديد لمعرفة مدى ملاءمته للاستخدام سواء فى الإنشاء أو الأثاث، كما تجرى على عينات من الخشب القديم لبيان مدى تأثره بعوامل التلف المختلفة، والمعالجات التى يمكن أن تتم له لزيادة قدرته على التحمل مثلا إذا كان مستخدما فى الأسقف أو الأعمدة أو البراطيم الخشبية.

ومن هذه الاختبارات ما يلى *:

* تجرى الاختبارات فى معامل المواد فى مراكز البحوث أو معامل المواد بكليات الهندسة ولها مواصفات قياسية وأجهزة خاصة للقياس .

١-اختبار مقاومة الانضغاط Compressive strength

يجرى هذا الاختبار على عينات قياسية من الخشب القديم أو الجديد على حد سواء لبيان درجة تحمل الأخشاب للإجهادات الواقعة عليها . وتعين مقاومة الأخشاب بالانضغاط فى الاتجاه الموازى لترتيب الألياف وأيضا فى الاتجاه العمودى على ترتيب الألياف . وتعتبر مقاومة الخشب للانضغاط فى اتجاه الألياف هى المقياس الحقيقى لبيان مدى تحمل الخشب للإجهادات التى يتعرض لها .

٢-اختبار مقاومة الشد Tensile strength

يجرى هذا الاختبار على عينات قياسية من الخشب الجديد أو القديم على حد سواء لبيان مدى تحمل الخشب لاجهادات الشد التى يتعرض لها فى الاتجاه الموازى لترتيب الألياف وأيضا فى الاتجاه العمودى على ترتيب الألياف، ويلاحظ أن الخشب يقاوم إجهادات الشد فى اتجاه الألياف أكثر من مقاومته لاجهادات الشد فى الاتجاه العمودى على ترتيب الألياف .

٣-اختبار مقاومة الانحناء الاستاتيكى Static bending strength

يجرى هذا الاختبار على عينات قياسية من الخشب الجديد أو القديم على حد سواء لبيان متانة الخشب وصلاحيته للاستخدام فى المنشآت دون تغير كبير فى شكلها أو دون تكسر عند تعرضه

للأحمال. ويتم هذا الاختبار الاستاتيكى إما بطريقــة التحميــل فــى المنتصف أو بطريقة التحميل فى أربع نقاط، ويلاحظ أن عدم ثبــات العوامل البيئية المحيطة بالأخشاب القديمة تغير من معدل مقاومتــه للانحناء .

٤-اختبار القص Shear strengh

يجرى هذا الاختبار على عينات قياسية وفى اتجاه مــوازى لترتيب الألياف وذلك لبيان مقدرة الخشب على مقاومــة إجهــاذات القص فى اتجاه ترتيب الألياف، ويلاحظ أن تأثير القص يكون كبيرا على الأخشاب الإنشائية خاصة إذا كانت كمرات خــشبية قــصيرة وسميكة فى نفس الوقت حيث تنهار عند أقل حمل تقع تحت تأثيره .

٥-اختبار الانكماش بالجفاف Drying shrinkage

يجرى هذا الاختبار على عينات قياسية من الخشب القديم أو الحديث وذلك لبيان نسبة انكماش الخــشب بالجفــاف فــى الاتجــاه القطرى والمماسى، وأيضا لمعرفة درجة انكماش الخشب المغمــور فى الماء خاصة الخشب القديم. ويجب ملاحظة أن درجــة انكمــاش الخشب تتناسب تناسبا عكسيا مع كثافته، وأن الخشب القديم يعطــى انكماشا غير متساوى عند الجفاف وبناء عليه يتلوى ويتشقق .

٦-اختبار محتوى الرطوبة Moisture content

يجرى هذا الاختبار على شريحة مستعرضة من الخشب بسمك حوالى ٢,٥ سم وذلك لبيان محتوى الرطوبة التى يعبر عنها بالنسبة المئوية فى الخشب الحديث أو القديم ، ويفيد هذا الاختبار فى تحديد جودة الخشب المستخدم فى الأغراض الإنشائية، إذ لا يجب أن يزيد رطوبته النسبية عن ٢٠%، أما الخشب المستخدم فى الترميم فلا يجب أن تزيد رطوبته النسبية عن ١٧%، كما يفيد هذا الاختبار فى تقييم البيئة المحيطة بالأخشاب الأثرية من حيث الرطوبة والجفاف ومدى تأثيرها المتلف عليها.

المراجع

١- إبراهيم على عبيدو : الجيولوجيا الهندسية ، منشأة المعـــارف بالإسكندرية،ط ٧ ، ١٩٨٤.

٢- إبراهيم محمد عبد الله : دراسة علاج وصـــيانة مـــواد البنـــاء والعناصر الزخرفية فى بعض المبانى الأثرية بمدينة رشيد، رسالة دكتوراه غير منـــشورة، جامعة القاهرة، ٢٠٠٠.

٣- أحمد إبراهيم عطية : دراسات ميدانية عملية ، المجلس الأعلى للآثار، ١٩٨٣ – ١٩٩٧.

: مبـــادئ الجيولوجيـــا للآثـــاريين ، الـــدار العالمية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، ٢٠٠٤ .

٤- أحمد سيد شعيب : الأسس العلميـــة لعـــلاج وصـــيانة الآثـــار الحجرية رسالة ماجستير غيـــر منـــشورة ، جامعة القاهرة ، ١٩٨٠.

٥- أ.د. آدامز : حياة الحشرات ، ترجمة سميرة الزيـــادى ، دار الفكر العربى ، القاهرة ١٩٦٣.

٦- أحمد كامل عزب : علم الحشرات العام ، دار الطباعة الحديثة، القاهرة، ١٩٧٩.

٧- أحمد مصطفى عبد السلام ، شاكر محمد حمـــاد : الحـــشرات الاقتصادية، دار المعارف ، مصر ، ١٩٧٧.

٨- أرنولد توينبى : تاريخ الحضارة الهلينيـــة ، ترجمـــة رمـــزى جرجس ، الهيئة المصرية العامـــة للكتـــاب، ٢٠٠٣.

٩- ألفت يحيى حمودة : الطابع المعمارى بين التأصيل والمعاصرة ، الدار المصرية اللبنانية ، القاهرة ، ١٩٨٧.

١٠- ألفريد لوكاس : المواد والصناعات عند القدماء المـــصريين، ترجمة زكى إسكندر ومحمد زكريا غنيم ، دار الكتاب المصرى ، القاهرة ، ط٣، ١٩٤٥.

١١- أمين محمد شعبان : تكنولوجيا الورق، كلية الفنون التطبيقية ، جامعة حلوان، ١٩٧٧.

١٢- إيمان محمد عطية : العوامل التى أثرت على شـــكل وتطـــور المسقط الأفقى للمسكن فى مصر من منظور الخصوصية، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة القاهرة ، ١٩١٩ .

١٣- توراكا : تكنولوجيا المواد وصيانة المبانى الأثرية، ترجمـــة أحمد إبراهيم عطيـــة ، دار الفجـــر للنـــشر والتوزيع ، القاهرة ، ٢٠٠٣.

١٤- جيمس هنرى برستيد : تاريخ مصر منذ أقدم العـــصور إلـــى الفتح الفارسى ، ترجمة حسن كمال ، وزارة المعارف، مصر ، ١٩٢٩.

١٥- حسام الدين عبد الحميد : تكنولوجيا صيانة وترميم المقتنيات الثقافية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٩.

١٦- حسين محمد صالح : مواد البناء ، الهيئة المصرية العامة لشئون المطابع الأميرية ، ط٦ ، القاهرة، ١٩٥٩ .

١٧- خالد عبد الهادى : تأثير العوامل البيئية على تنظيم وإدارة المواقع، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة القاهرة، ١٩٩٨ .

١٨- دنكان : الجيولوجيا الهندسية وميكانيكا الصخور " مترجم " ، ج١، دار الطباعة والنشر، الموصل ، ١٩٨٠.

١٩- ديمند : الفنون الإسلامية ، ترجمة أحمد محمد عيسى ، ط٢ ، القاهرة، ١٩٥٨ .

٢٠- رجب عزت : تاريخ الأثاث منذ أقدم العصور ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، ١٩٧٨ .

٢١- روبرت فولك : بترولوجية الصخور الرسوبية ، ترجمة على جواد على، تونس ، ٢٠٠٠ .

٢٢- سليم حسن : مصر القديمة ، ج٢ ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، مكتبة الأسرة ، ٢٠٠٠.

٢٣- سيد توفيق وسيد أحمد الناصرى : معالم تاريخ وحضارة مصر منذ أقدم العصور وحتى الفتح العربى ، دار النهضة العربية ، القاهرة ، ١٩٧٣.

٢٤- صالح أحمد صالح : تكنولوجيا المواد والصناعات القديمة، محاضرات بقسم الترميم ، كلية الآثار، ١٩٨٢.

٢٥- عبد الظاهر عبد الستار : علاج وصيانة الأخشاب المغطاة بطبقة من الجسو الملون ، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة القاهرة، ١٩٨٠.

٢٦- عبد العزيز إسماعيل عامر : مبيدات الآفات ، سلسلة العلم للجميع ، دار الكتاب العربى ، القاهرة .

٢٧- عبد العزيز صالح : الشرق الأدنى القديم ، ج١، مصر ، دار الطباعة الحديثة، ١٩٨١.

٢٨- عبد السلام أحمد نظيف : دراسات فى العمارة الإسلامية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٩.

٢٩- عبد المعز شاهين : ترميم وصيانة المبانى الأثرية والتاريخية ، المجلس الأعلى للآثار ، ١٩٩٤.

٣٠- عمرو رضوان : المبادئ العلمية وميكانيكا التربة ، دار الكتب العلمية، القاهرة، ١٩٩٤.

٣١- عوض محمد الإمام : المعمار الإسلامى فى مصر من الفـــتح العربى وحتى نهاية الدولة المملوكية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب بسوهاج ، ١٩٨٤.

٣٢- علماء الحملة الفرنسية : موســوعة وصــف مــصر ، ج٢، الهيئة المصرية العامة للكتاب، مكتبة الأسرة ، ٢٠٠٣.

٣٣- فاضل حسن أحمد : هندسة البيئة ، منشورات جامعة عمــر المختار البيضاء ، ليبيا .

٣٤- فتحى محمد صالح : فنون النجارة الحديثة ، مكتبة ابن سيناء ، القاهرة.

٣٥- مارى ك. برديكو : الحفظ فى علم الآثار ، ترجمة محمد أحمد الشاعر، المعهد العلمــى الفرنــسى للآثـــار الشرقية، ٢٠٠٢.

٣٦- محمد أحمد عبد الله : إنشاء مبانى ورسومات تنفيذيـــة ، دار الطباعة الحديثة، مصر ، ١٩٨٠.

٣٧- محمد أنور شكرى: الفن المصرى القديم منذ أقــدم العــصور حتى نهاية الدولة القديمة، الــدار المــصرية للتأليف والترجمة، القاهرة، ١٩٦٥.

٣٨- محمد حماد: تكنولوجيا التصوير ، الهيئة المــصرية العامـــة للكتاب ، القاهرة، ١٩٧٣.

٣٩- محمد عباس حيدر : الموسوعة الهندسية .

٤٠ - محمد ماجد خلوصى : الموسوعة الهندسية فى الكيمات والمواصفات، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٨.

٤١- محمد عبد الهادى محمد : علاج وصيانة خمسة أمثلة متنوعة من مجموعة الأخشاب المعروضة بمتحف الفن الإسلامى بكلية الآثار ، رسالة ماجستير ، جامعة القاهرة ،١٩٨٠.

: دراسات علمية فى ترميم وصيانة الآثار غير العضوية ، زهراء الشرق ، القاهرة ،١٩٩٧.

٤٢- محمد على بركات : مواد البناء واختباراتها القياسية ، دار الراتب الجامعية ، بيروت، ١٩٩٠.

٤٣- محمد فهمى عبد الوهاب: دراسات نظرية وعملية فى حقل الفنون الأثرية وطرق ومواد الترميم الحديثة، دار الشعب، القاهرة ، ١٩٩٧.

٤٤- محمد سميح عافية : التعدين فى مصر قديما وحديثا ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٥.

٤٥- محمد شحاتة الخلوى : عدد وأدوات أشغال الخشب ، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان .

٤٦- محمود عبد الرازق عوض : سيناء فى مختلف العصور ، آل جاسر للدعاية والإعلام ، ط٢، ١٩٩٩.

٤٧- مركز بحوث الإسكان والبناء : الكود المصرى لمواد البنـــاء وميكانيكا التربة.

٤٨- مركز بحوث الترميم والصيانة:المجلة العلمية لبحوث وترميم وصيانة المقتنيات الثقافية والفنية ، المجلـــد الأول، ١٩٧٩.

٤٩- ميرفت ثابت زاخر : تأثير المياه الجوفية على المبانى الأثرية ، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة عين شمس، ٢٠٠٣.

50- A.Kalil and others :General Botany. Cairo University press. 5th Edition . 1980.

51- Anton, M: Conservation of wood which has stayed in water in the B.R. Bulgarid . Icon. 1975.

52- J. Antoniou : Islamic cities & conservation Unisco publishing . 1981.

53- John . G.L: Causes of climate . London . 1979.

54- Micheal D. Atkins: Insects in perspective Macmillan publishing co. New York . 1978.

55- R.J. Rice : Fundamentals of Geomorphology ELBS 2nd edition . London . 1958.

56- Mills .J . M: The Care of antiques . London . 1978.

57- Plenderleith H.J. : The conservation of Antiquities and works of art . London Oxford press. New York . 1957 .

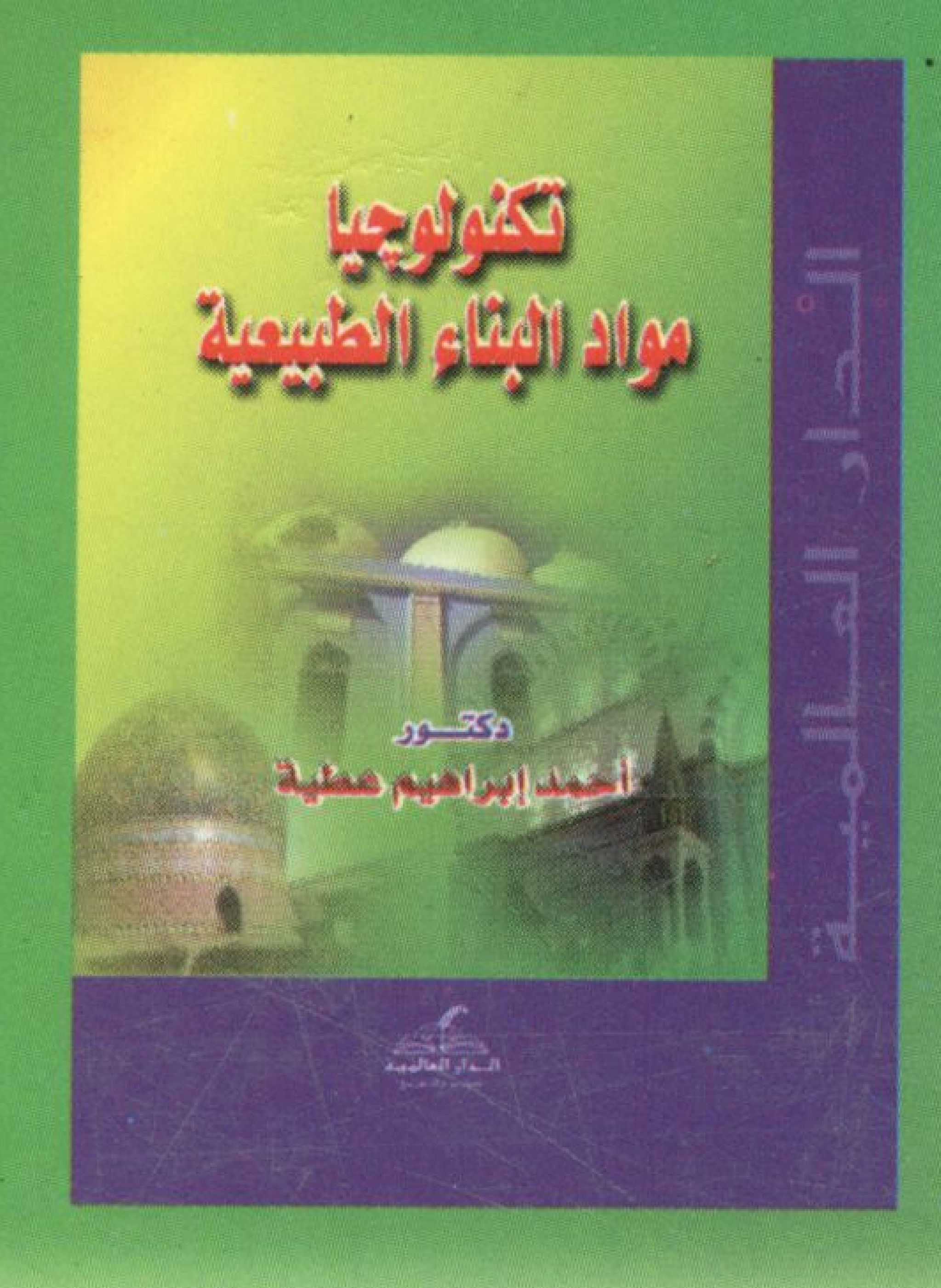
58- UNESCO : The conservation of cultural property Rome. 1975 .

59-Werner Hirte: Wood working .Technical fundamentals series.Edition Leipzing. 1967 .

Inv:43

Date:4/4/2016

مطابع الدار الهندسية/القاهرة
تليفاكس:٣٥٤٠٢٥٩٨ محمول:٠١٢٢٣٤٩٠١١



هذا الكتاب

دراسة في مواد البناء الطبيعية التي أستطاع الإنسان من خلال تراكم خبراته أن ستغلها لتلبية حاجاته الأساسية من دفئ وسكن في ظل صراعه المستمر مع البيئة التي يعيش فيها ، ولا شك أن دراسة هذه المواد يفيد كثيراً دعاة العودة إلى العمارة البيئية ، كما يفيد كثيراً في صيانة التراث المعماري القديم . لذلك يعد هذا الكتاب مرجعاً للمعماريين والمرممين في كل قطر من أقطار الوطن العربي .

الناشر



١١١ ش الملك فيصل /برج مصر الخليج ناصية ش المستشفى
ت:٣٧٤٤٦٤٣٨-٣٧٤٤٦٣٢٤ ف:٣٧٧١٩٨٩٩
e-mail; daralaalmiya@hotmail.con